

智能交通通信系统

陆地移动通信系统手册 (包含无线接入)

卷4

2021年版



智能交通通信系统

陆地移动通信系统手册

（包含无线接入）

卷4

（2021年版）



国际电联无线电通信部门

无线电通信部门的职责是确保所有无线电通信服务能够以合理、公平、有效和经济的方式使用无线电频谱，包括使用卫星，进行不受频率范围限制的研究，并在此基础上采纳建议书。

无线电通信部门的监管和政策功能通过由研究组支持的世界和区域性无线电大会和无线电通信全会来履行。

关于无线电通信事务的咨询

请联系：

ITU
Radiocommunication Bureau
Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
电话： +41 22 730 5800
传真： +41 22 730 5785
电子邮件： brmail@itu.int
网站： www.itu.int/itu-r

订购国际电联出版物

请注意，无法通过电话订购。应通过传真或电子邮件订购。

ITU
Sales and Marketing Division
Place des Nations
CH -1211 Geneva 20
Switzerland
传真： +41 22 730 5194
电子邮件： sales@itu.int

国际电联电子书店： www.itu.int/publications

© ITU 2021

版权所有。未经国际电联事先书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

前言

智能交通通信系统（ITS）定义为利用计算机、通信、定位和自动化技术组合的系统，以改善地面交通的安全性、管理和效率。

ITU-R陆地移动通信系统（包含无线接入）手册2006年版第4卷被2021年版取代。

ITU-R为了满足发展中国家日益增长的对有关涵盖陆地移动业务的各不同领域（包含技术和系统）的当代科技发展动态的需求，九十年代末开始撰写这一多卷本的手册。

至今，已出版了如下五卷：

- 卷1：固定无线接入
- 卷2：向IMT-2000演进的原理和方法
- 卷3：调度和高级传信系统
- 卷4：智能交通通信系统
- 卷5：宽带无线接入系统的部署

本手册的目的是帮助基于无线技术的陆地移动通信系统的决策过程，包括规划、工程设计和部署的决策过程，特别是帮助发展中国家。本手册还应该提供充分的资料，以帮助培训在这些系统的管制、规划、工程设计和部署领域的工程师和规划师。

本卷手册提供了在全球范围内，在现在的和正在研发的ITS中使用无线通信的梗概，包括体系结构、系统和应用。这是一个快速发展的领域，其中部分仍然处于它的发展初期，还不成熟。本卷代表了它所撰写的时代，所以，本卷对2020年为止ITS中所使用的无线电通信系统作了描述。

第4卷（2021年版）由无线电通信第5A工作组的专家组完成了撰写工作。我要向陆地移动通信手册的报告人Takahiko Yamazaki博士（日本）、5A-5工作组主席Hitoshi Yoshino博士（日本）、ITS分工作组主席Satoshi (Sam) Oyama博士（日本）和辛勤承担本卷编辑工作的HyunSeo Oh博士（韩国）以及对本卷的撰写工作做出贡献的所有专家表示感谢。

无线电通信第8A工作组主席

José M. Costa

（加拿大）

目录

	页码
前言	iii
第 1 章 – 引言	1
1.1 陆地移动通信手册的目的和范围	1
1.2 卷4的组织结构和使用	1
第 2 章 – ITS应用	3
2.1 引言	3
2.2 ITS业务类型	6
2.2.1 电子通行费征收	7
2.2.2 车辆和道路安全	8
2.2.3 应急呼叫	9
2.2.4 交通信息业务	9
2.2.5 自动驾驶	10
2.3 协同式ITS业务	11
2.3.1 基于P2X的业务	11
2.3.2 基于V2X的业务	12
第 3 章 – ITS系统与通信体系结构	15
3.1 ITS系统体系结构	15
3.1.1 企业视图	16
3.1.2 功能视图	16
3.1.3 物理视图	17
3.1.4 通信视图	18
3.2 ITS通信体系结构	20
3.2.1 ITS通信系统	20
3.2.2 ITS通信网络	22

	页码
第 4 章 – 系统的无线电技术.....	25
4.1 专用短程通信（DSRC）	25
4.1.1 引言.....	25
4.1.2 系统配置.....	25
4.1.3 技术特性.....	27
4.1.3.1 欧洲无源DSRC系统和应用	27
4.1.3.2 美国DSRC	31
4.1.3.3 日本有源DSRC	31
4.1.3.4 中国DSRC	34
4.1.3.5 韩国有源DSRC	35
4.1.4 DSRC无线电传播特性	37
4.2 先进ITS无线电通信	39
4.2.1 引言.....	39
4.2.2 系统配置.....	40
4.2.3 技术特性.....	42
4.2.3.1 欧洲ITS G5.....	42
4.2.3.2 北美WAVE.....	45
4.2.3.3 日本ITS连接.....	49
4.2.3.4 韩国V2X通信技术.....	51
4.2.3.5 巴西的ITS.....	52
4.2.4 无线传播特性.....	53
4.3 蜂窝V2X通信.....	54
4.3.1 引言.....	54
4.3.2 系统配置.....	54
4.3.3 技术特性.....	56
4.3.3.1 基于LTE的V2X.....	59
4.3.3.2 5G-V2X.....	59
4.3.4 无线电传播特性.....	59
4.4 广域广播	59
4.4.1 引言.....	59
4.4.2 系统配置.....	60
4.4.3 技术特性.....	60
4.4.4 无线电传播特性.....	60

4.5	毫米波通信	61
4.5.1	引言.....	61
4.5.2	系统配置.....	61
4.5.3	技术特性.....	61
4.5.4	无线电传播特性.....	62
4.6	毫米波车辆和道路雷达	63
4.6.1	引言.....	63
4.6.2	系统配置.....	64
4.6.3	技术特性.....	64
4.6.4	无线电传播特性.....	68
第 5 章 – 标准.....		71
5.1	DSRC标准	71
5.1.1	DSRC的全球标准	71
5.1.2	1区的DSRC标准	71
5.1.3	2区的DSRC标准	72
5.1.4	3区的DSRC标准	72
5.2	先进ITS无线电通信标准	73
5.2.1	1区的ITS G5标准.....	73
5.2.2	2区的WAVE标准.....	74
5.2.3	3区的先进ITS无线电通信标准.....	75
5.3	蜂窝V2X标准.....	76
5.4	广播标准	78
5.5	毫米波通信和雷达	79
5.5.1	国际电联的毫米波汽车雷达标准.....	79
5.5.2	1区毫米波汽车雷达标准.....	79
5.5.3	2区毫米波汽车雷达标准.....	80
5.5.4	3区毫米波汽车雷达标准.....	80
第 6 章 – 应用的频率使用.....		81
6.1	DSRC的频率使用	81
6.2	先进ITS无线电通信的频率使用	82
6.3	蜂窝网络的频率使用	83
6.4	广播的频率使用	84
6.5	毫米波汽车和道路雷达的频率使用	84

	页码
附件A – 首字母缩略语清单	85
附件B – ITS在一些国家的使用	91
附件C – 关于ITS的出版物	99
1 概要	99
2 国际电联出版物	99
2.1 世界无线电通信大会建议书.....	99
2.2 ITU-R建议书	99
2.3 ITU-R报告	99
3 其他ITS参考	100

第 1 章

引言

1.1 陆地移动通信手册的目的和范围

陆地移动通信手册第4卷的目的和范围是提供有关智能交通通信系统（ITS）的通用和更新的信息。ITS主要利用计算机、通信、定位和自动化技术的组合来改善地面交通系统的安全、管理和效率。有许多在本手册中所讨论的现在的ITS应用以及为将来所规划的新应用。大多数人在他们的日常生活中要依靠某种形式的交通手段，所以，数量巨大的使用者每天都会从ITS中受益。这一卷手册提供了全球在ITS中使用无线通信的梗概，包括现在的和正在研制的ITS。这是一个快速发展的领域。本版卷4的内容代表了所撰写时代的特征，因而本卷提供了直到2020年初为止在ITS中所使用的无线通信的描述。

1.2 卷4的组织结构和使用

卷4被组织成许多章，给读者提供关键的信息，而各附件提供详尽的技术、操作和法规方面的资料。

第1章是本卷的引言。第2章提供了ITS应用的信息。第3章涵盖了ITS系统和通信的体系结构。第4章涵盖了用于ITS系统的无线电技术，第5章探讨了国际和国家标准化。第6章描述了ITS系统的射频使用。附件A是首字母缩略语清单，附件B是在ITS在一些国家的使用，附件C是关于ITS的出版物。

第 2 章

ITS应用

2.1 引言

数十年来，世界各地的机动化和城市化程度以及人口都在增加。这些趋势造成了交通堵塞、安全问题和空气污染。ITS支持使用一套工具集，利用无线通信、传感器技术、计算机和控制技术以及广泛的信息传播，来帮助缓解并可能减少交通拥堵和事故。ITS的部署采用了通信标准，以促进互操作性和业务可访问性。

图1
ITS业务概念



Land Mobile Handbook Vol.4-01

表1列出了ITS业务领域，以描述ITS广泛的潜在社会影响。ITS系统提供了V2I安全和V2V安全、机构数据、环境、道路天气、移动性和智慧路边停车应用等类别的用户业务的具体示例，如表2所示。

ITS系统有三个主要用户群：

- 公路运营商：高效管理路况、监控道路情况，并为道路使用者提供信息；
- 机动车驾驶员：平安到达目的地；
- 旅行者或行人：需要交通信息或紧急援助。

可以从ITS用户群的角度解释ITS业务。ITS用户大致分为三组。第一个用户群是道路运营商，即为实现本地目标而对道路进行管理，通常是维护交通流量和应对安全事故。道路运营商监控道路状况，并为道路使用者提供信息。道路运营商在大部分ITS业务中均扮演重要角色 – 只有车对车安全应用将道路或运输管理当局的代表排除在外。第二个用户群是机动车驾驶员。他们要平安到达目的地。这一阵营是许多ITS业务的最终用户，也是大部分道路性能数据的间接提供者（通过遥感或车辆主动收集并提供给第三方）。第三个用户群是旅行者或行人。他们使用ITS来获取交通信息、规划行程、使用运输服务或请求紧急救援。

在部署ITS时，不同区域的目标不同，这是很自然的。但一般来说，所有目标可以分成五个主要类别：安全、移动性、环境、监管和便利。在这些宽泛的领域内，更有针对性的目标（有时会因技术或体系结构选择而模糊）提供看更精细的可部署业务的分组。这些业务经常要满足多个目标。例如，在美国，边境管理系统业务要应对移动性、监管和安全目标。因此，许多服务根据其帮助实现的目标和该业务固有的技术或体系结构特征，被赋予多种特征。业务可以概括为实现表1所示业务领域的目标。

表1

ITS业务领域

商用车辆运营	数据管理	维修和建设
停车管理	公共安全	公共运输
支持	可持续的旅行	交通管理
旅行者信息	车辆安全	天气

在这些领域内定义了超过 100 项业务。美国定义的业务完整分类清单见 <https://local.iteris.com/arc-it/html/servicepackages/servicepackages-areaspport.html>。

第2.2节更详细地解释了一些更加商业化的业务类型：电子通行费征收、车辆和道路安全、紧急呼叫、交通信息业务以及自动驾驶，描述了无线电通信技术的业务功能和技术特性。

表2

系统用户业务示例

类别	用户业务示例
V2I 安全	– 闯红灯预警 – 弯道限速预警 – 停车标识间隙辅助 – 现场天气影响预警 – 减速/作业区预警 – 在信号灯控制的人行横道上出现行人（穿行）预警
V2V 安全	– 紧急电子刹车灯（EEBL） – 前车碰撞预警（FCW） – 交叉路口移动辅助（IMA） – 左转协助（LTA） – 盲区/变道预警（BSW/LCW） – 禁止通行预警（DNPW） – 车辆在公交车前右转（穿行）预警
机构数据	– 基于探头的路面养护 – 启用探头的交通监控 – 基于车辆分类的交通研究 – CV 支持的转向交通量和交叉路口分析 – CV 支持的始发地-目的地研究 – 作业区旅行者信息
环境	– 信号控制交叉口的生态进出 – 生态交通信号灯配时 – 生态交通信号灯优先级 – 互连的环保驾驶 – 无线感应/谐振充电 – 生态车道管理 – 生态速度协同 – 生态协同自适应寻优控制 – 生态旅行者信息 – 生态匝道控制 – 低排放区管理 – AFV 充电/加油信息 – 生态智能停车 – 动态生态路线选择（轻型车、公共交通、货运） – 生态 ICM 决策支持系统
道路气象	– 司机建议与预警（MAW） – 增强的 MDSS – 车辆数据转换器（VDT） – 天气应对交通信息（WxTINFO）

表2（完）

类别	用户业务示例
移动性	– 高级旅行者信息系统 – 智能交通信号系统（I-SIG） – 信号优先级（客运、货运） – 移动无障碍行人信号系统（PED-SIG） – 应急车辆优先权（PREEMPT） – 动态速度协同（SPD-HARM） – 队列预警（Q-WARN） – 协同式自适应巡航控制（CACC） – 事故现场到达前应急准备指南 – 响应器（RESP-STG） – 事故现场作业区司机和工作人员警示（INC-ZONE） – 应急通信和疏散（EVAC） – 连接保护（T-CONNECT） – 动态交通运营（T-DISP） – 动态拼车（D-RIDE） – 货运专用动态旅行规划和性能 – 短途运输优化
智慧路边	– 无线巡查 – 智能卡车停放

2.2 ITS业务类型

描述了无线电通信技术的业务功能和技术特性。ITS业务可分为电子通行费征收（ETC）、车辆和道路安全、应急呼叫、交通信息服务和自动驾驶等类别。这五大类别是最商业化或者部署最广泛的ITS业务。

这些类型的ITS业务是通过使用直接可用的无线电通信技术来提供的，包括用于ETC的专用短距离通信（DSRC）；用于车辆和道路安全的700 MHz频段或5.9 GHz频段V2X通信；用于紧急呼叫的基于网络的蜂窝通信；用于交通信息服务的数字广播，以及用于自动驾驶的潜在的基于V2X网络的通信。这五种无线电通信技术适用于相关业务类型，具备表3所示的技术特性。

例如，用于ETC的DSRC可提供短距离（~100 m）双向分组数据。用于车辆和道路安全的5.9 GHz频段V2X通信可提供双向分组数据和在小于1 km的距离内的数据广播。用于紧急呼叫的基于网络的蜂窝通信可在广域无线电范围（~10 km）提供双向语音和数据。用于交通信息服务的数字广播可在广域无线电范围（< 10 km）提供单向数据。对于车辆和道路安全或自动驾驶来说，低时延传输相关的车辆运动和位置信息，以及控制消息，是最重要的通信要求之一。

表3

无线电通信技术的技术特性

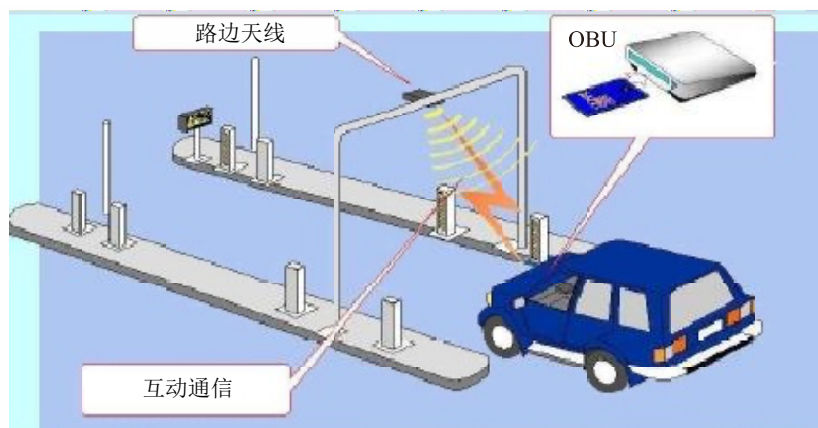
业务类型	无线电通信技术	信息	无线电覆盖	消息时延
ETC	DSRC	双向数据	小 (~100 m)	低 (<100 ms)
车辆和道路安全	700 MHz 或 5.9 GHz 频段 V2X	双向数据、数据广播	中 (~1000 m)	低 (<100 ms)
应急呼叫	蜂窝	双向语音和数据	广 (~10 km)	高 (~1 s)
交通信息服务	TPEG	数据广播	广 (~100 km)	中等 (~1 s)
自动驾驶	V2X	双向数据、数据广播	中等 (~1000 m)	低 (<5 ms)

2.2.1 电子通行费征收

电子通行费征收是车辆通过收费区时的道路收费业务。当车辆驶入收费区，OBU向RSU发起无线电通信，以执行计费事务和可能的安全功能。如果由于无线电通信失败导致发生计费错误，则遵循车辆识别和执行后计费。图2展示了电子通行费征收（ETC）业务概念。

图2

ETC业务概念



Land Mobile Handbook Vol.402

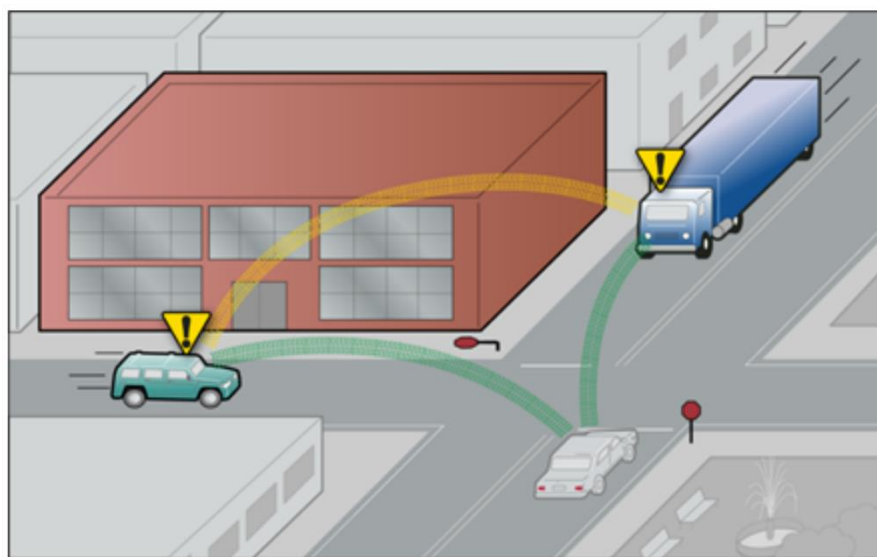
电子支付要求低时延和高可靠性的无线电通信，以确保安全计费的高可靠性。ETC可使用DSRC、中短程通信技术或基于网络的蜂窝技术。DSRC通信当前部署最广泛的支持ETC系统的通信方案。

2.2.2 车辆和道路安全

车辆安全业务提供预警信息，以防止交通意外。当车辆进入一个路口时，由于非视线内有建筑物遮挡，车辆并不知道其他车辆正在靠近路口。如果车辆之间周期性地传输其位置和状态，则车辆会识别到其他车辆正在靠近，并采取措施防止碰撞。可通过车到车（V2V）通信来执行。此项业务需要低延迟的消息传递、中等数据速率和与DSRC通信相比更广泛的无线覆盖的直接V2V通信。例如，IEEE 802.11p V2X和ITS G5支持应用层100 ms（无线电接入层5 ms）、1公里无线电覆盖的最大27 Mbit/s速率。车到基础设施（V2I）通信可通过向车辆发送准确的交叉口几何图形、交通信号相位和时间以及突发情况的信息来支持道路安全。大多数相关用例都遵循类似的通信模式。例如，在高楼林立的交叉路口，车辆可能会被中间的建筑物遮挡。车辆安全业务本要提供预警信息，以防止交通意外。但如果存在这样的遮挡，车辆将无法确定其他车辆正从另一个方向接近交叉路口。车辆安全应用程序通过利用车辆运动学和位置广播来操作；如果车辆周期性地传送车辆的位置和状态，其他车辆就会识别出被遮挡的车辆正在靠近，并采取措施防止碰撞。这种类型的安全应用程序通常被设计为使用V2V通信。

图 3

交叉路口安全预警



Land Mobile Handbook Vol.4-03

交通效率是ITS业务的主要场景，也是使用基于LTE的V2X系统的智能交通的重要组成部分。这对于缓解城市交通拥堵，促进节能减排具有重要意义。缓解交通拥堵也有助于改善交通安全。

典型的交通效率场景包括速度引导。在车速引导的场景中，路边单元（RSU）采集交通信号灯和信号灯的配时信息，并向附近车辆播报信号灯的当前状态和该状态下的剩余时间等信息。车辆基于收到的信息，结合当前车辆速度和位置来计算建议的行驶速度并提示司机，以增加不停车过路口的可能性。该场景要求RSU能够采集交通信号灯信息并向车辆播报V2X消息，并要求附近车辆能够发送和接收V2X消息。

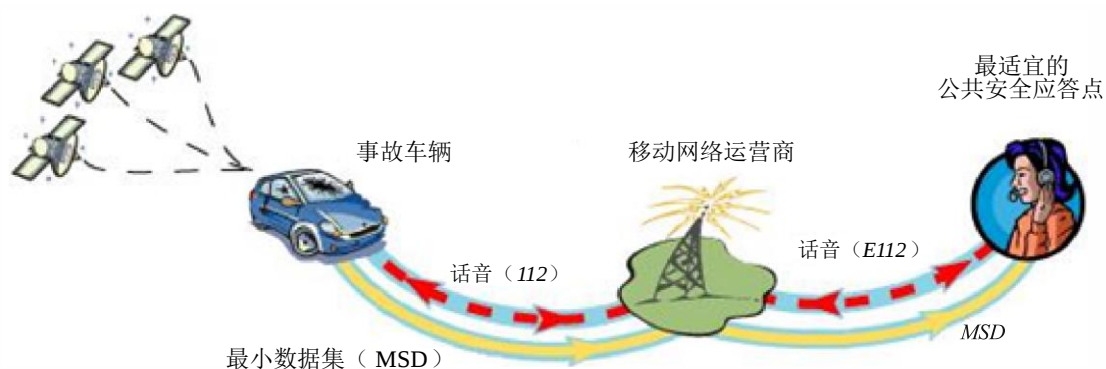
2.2.3 应急呼叫

应急呼叫为车辆驾驶员的请求提供话音和数据服务。如果车辆发生事故，车辆需要通过应急呼叫或应急数据传输来请求救援。应急呼叫或远程信息处理¹表示使用蜂窝网络的双向语音和数据的使用。图4展示了应急呼叫业务的概念。

此项业务需要支持具有较高数据时延和广覆盖的双向语音和数据。蜂窝技术是最适合用于此业务的无线电通信技术。

图 4

应急呼叫业务



Land Mobile Handbook Vol.4 -04

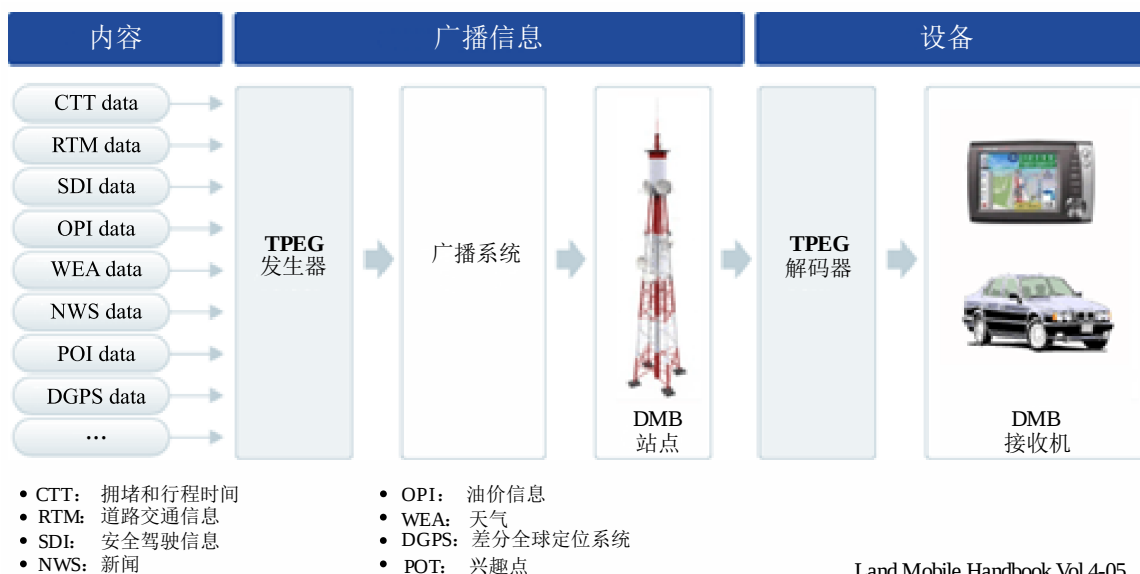
2.2.4 交通信息业务

数据广播可为车辆驾驶员提供交通信息。传送协议专家组（TPEG）最早为交通和旅行信息（TTI）业务制定全球标准。TTI（例如交通拥堵、道路施工、交通事故等）被转换为TPEG标准，并通过数字广播信道广播。车辆驾驶员可接收TTI，如图5所示。

¹ 远程信息处理是一个非常普通的术语，表示电信和信息技术的合并，通常是在汽车语境中。

图 5

交通信息业务



该业务支持具有广泛无线电覆盖和中等延迟的单向数据广播。

2.2.5 自动驾驶

与现有的摄像机视频识别、毫米波雷达和激光雷达类似，V2X提供了信息交互以获取其他车辆和行人的运动状态（速度、刹车、变道）的另一种方法。不过，V2X通信不受车载传感器的限制，不受天气、障碍物、距离等因素的限制。V2X还为自动驾驶提供了“超感官”感知能力，能够沟通驾驶意图并协商合作操作。与此同时，V2X通过整合人、车、道路基础设施和云平台，构建了有利于网联自动驾驶汽车（CAV）产业化的分时租赁综合服务体系。目前，典型的自动驾驶场景包括车辆编队和远程驾驶。车辆编队指的是通过V2X通信来连接车辆。在一个编队中，领队车辆可以是有人驾驶或者自动驾驶，后面跟随编队成员车辆，基于实时信息交互，以一定速度保持稳定的车间距离。该应用支持车道保持与跟踪、协同自适应巡航、协同紧急制动、协同变道提醒、进出队列等。

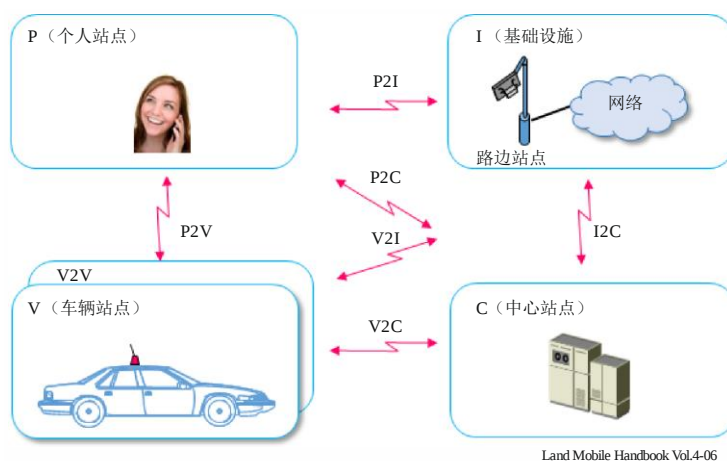
远程驾驶使驾驶员能够通过驾驶员控制台远程操作车辆。车辆安装的摄像机、雷达和其他感应器实时传输多信道传感信息至远程驾驶员控制台。远程驾驶通信预计通过高带宽5G蜂窝网络系统提供。驾驶员远程控制台发出的信号为方向盘、油门、刹车提供控制指令信息，这些信息也将通过低时延、高可靠性的5G蜂窝网络系统实时传输到车辆上，协助使驾驶、加速、制动、转弯、倒车等操作更容易和准确。

2.3 协同式ITS业务

无线电通信技术使ITS应用得以提供，并决定ITS应用的业务类型和质量。根据ISO标准，协同式ITS（C-ITS）由个人站点、车辆站点、路边站点和一个中心站点，如图6所示。通过假设点对点连接，ITS应用可由行人到万物的连接（P2X）和车到万物的连接（V2X）来定义。

图6

C-ITS 系统配置



2.3.1 基于P2X的业务

P2X通信技术类型包括行人到车辆连接（P2X）、行人到基础设施连接（P2I）和行人到中心连接（P2C）。

- P2V通信实现个人站点与车辆站点之间的连接。如果行人靠近车辆，通信将向车辆驾驶员提供行人预警。同样的，如果车辆靠近行人，也将向行人提供车辆预警。
- P2I通信实现个人站点和路边站点之间的连接，为残障交通用户提供个人导航和路口车辆预警。
- P2C通信实现行人和中心之间的通信。如果中心站点可为个人站点提供交通信息的话，个人站点将提供基于交通信息的导航。

表4给出了不同连接类型的基于P2X的业务摘要。

表 4

基于P2X的业务

连接	P2X业务
P2V	行人预警，车辆预警
P2I	个人导航，车辆预警
P2C	交通信息

2.3.2 基于V2X的业务

V2X通信技术可分为车到基础设施连接(V2I)、车到中心连接(V2C)、车到车连接(V2V)以及车到带有传感器的万物的连接(V2X)。

- V2I通信支持电子通行费征收，当车辆通过收费区时缴纳通行费。它还可支持车辆数据采集，以周期性地获取车辆状态信息（即车辆的动态速度、行驶方向、紧急制动、识别和位置信息），还可支持路况信息（例如交通信号灯信息、道路事故或施工）的提供。
- V2C通信支持公交信息服务（BIS），为旅行者提供到达时间和位置信息，还支持应急呼叫，以向公共安全应答点（PSAP）通知车辆紧急情况。日本的车辆信息和通信系统（VICS）就是V2C的一个典型例子。
- V2V通信与车辆传感器共同支持紧急制动预警、交叉路口防碰撞预警和协同式自适应巡航控制（CACC）。
- 带有车辆传感器或道路传感器的V2X支持自动代客泊车和自动驾驶。

表5给出了不同连接类型的基于V2X的业务摘要。

表 5

基于V2X的业务

连接	V2X业务
V2I	ETC、车辆数据采集、曲线速度预警、应急车辆占道优先、增强型维修决策支持系统、事故现场作业区对司乘人员的提醒、车载标识、大型车警告、行人在信号灯控制的人行横道上警告、铁路道口违章警告、闯红灯警告、减速去警告、限制车道警告、路边照明、停车标识间隙辅助、违反停车标志警告、过路车辆在车站/停靠站警告、车辆在过路车辆前右转、紧急停车、智能交通信号系统、间歇式公交专用道、行人移动性、性能监测和规划、速度协调、交通流量优化、公交信号优先、适应天气的交通管理的可变速度限制
V2C	BIS、VICS、交通运营车辆数据、生态速度协调的生态进出、低排放区域管理、认证、地点和时间、安全和凭证管理、无线广告、互联网、免下车支付、边境管理、电动车充电管理、多模式集成电子支付、道路天气信息
V2V	紧急制动警告、交叉路口碰撞警告、盲区警告、控制丢失警告、禁止超车警告、应急车辆警报、安全车距预警、交叉路口移动辅助、摩托车靠近提示、态势感知、错误驾驶警告、紧急停车、交通弱势群体预警、排队预警、CACC
带有传感器的 V2X	自动代人泊车、自动驾驶

第 3 章

ITS系统与通信体系结构

ITS体系结构提供了基本框架，部署人员可以据此设计、规划和实施ITS业务。这个框架为多种设计提供了基础，这些设计可以专门定制，以满足用户的个性化需求，同时保持通用体系结构的优点。该体系结构定义了必须执行以实现给定用户业务的功能（例如，收集交通信息或请求路线）、这些功能所在的物理实体或子系统（例如，路边或车辆）、物理子系统之间的接口/信息流，以及信息流的通信要求（例如有线或无线）。此外，它确定并规定了支持安全、国家和区域互操作性所需的标准的标准的要求，以及支持部署中的规模经济的考虑事项所必需的产品标准。

3.1 ITS系统体系结构

已为整个ITS系统架构开发了一种通用的、技术中立的方法，从而为智能交通通信系统的规划、定义和集成提供一个通用框架²。协同式智能交通体系结构参考（ARC-IT）³包括一组相互连接的组件。这些组件被组织成关注四个不同的架构角度的四个观点，如下图所示：

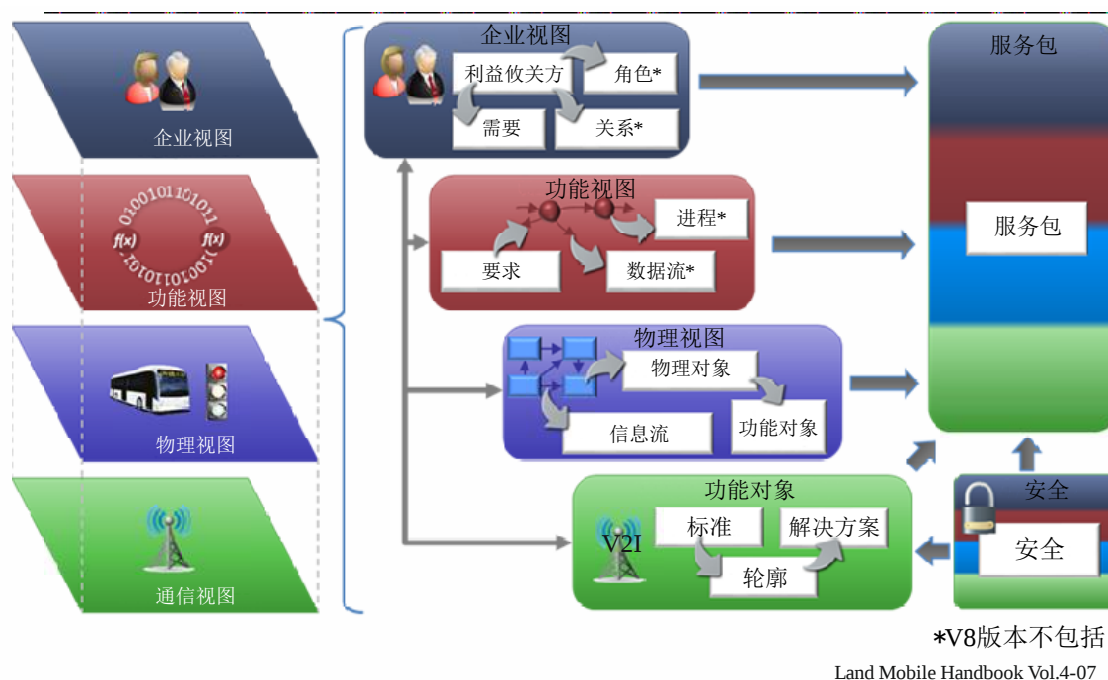
- 1) 企业观点从组织角度考虑ITS，确定利益攸关方组织或企业—计划、开发、运营、维护和使用ITS的人和组织，定义利益攸关方角色和各利益攸关方之间的关系。这也是定义需求的视图，因为ARC-IT以及更广泛的ITS是由利益攸关方组织、其成员和客户的需求驱动的。
- 2) 功能视图从功能的角度研究ITS。功能性需求被定义要支持ITS用户的需求。进程和数据流提供了支持需求的功能和交互的结构化呈现。
- 3) 物理视图定义了提供ITS功能的物理对象（系统和设备）。信息流定义了物理对象之间的信息流动。功能对象组织支持每个物理对象内的ITS的功能。
- 4) 通信视图定义了物理对象如何沟通。它定义了通信标准和组合成通信解决方案、规定了物理对象之间如何可靠和安全地共享信息的轮廓。

² <http://local.iteris.com/arc-it/>

³ <http://local.iteris.com/arc-it/html/architecture/architecture.html>

图 7

协同式智能交通（ARC-IT）体系结构参考



注意，安全在21世纪智能交通通信系统中至关重要，而ARC-IT从整体上解决安全问题：应对所有四个视图的安全关切。同样，服务包是一个面向服务的切入点，更加容易查看跨特定ITS服务（例如交通信号灯控制）的所有四个视图的ARC-IT的垂直切片。

3.1.1 企业视图⁴

企业视图描述了组织之间的关系，以及这些组织在协同式ITS环境内扮演的角色。

ARC-IT的企业视图构件是企业对象，这些对象可以交互交换信息，管理和操作超出一个组织范围的系统。企业视图重点关注这些企业对象之间的关系，但也定义了企业对象如何与作为资源出现在企业视图中的物理对象互动。

企业对象之间的关系被组织成各种类型的协同：旨在实现实施和交付ITS服务所需的共同目的的协议或合同。企业对象和资源之间的关系是角色：拥有、运营、开发、安装、维护等。

3.1.2 功能视图⁵

该视图描述了系统配置和功能实体，以及功能实体之间的关系。功能视图处理抽象功能元素及其逻辑交互的分析。在此，ARC-IT被描述为一组按层次组织的流程。这些进程（活动和功能）可追踪到一组从源文件中得出的需求。在进程之间移动的数据流和数据可能会较长时间驻留的数据存储都在数据字典中定义。

4 <http://local.iteris.com/arc-it/html/viewpoints/enterprise.html>

5 <http://local.iteris.com/arc-it/html/viewpoints/functional.html>

功能（即进程）的行为是此元素为实现目标而执行的一组操作。进程执行行动以实现应用目标或支持其他进程的行动，可包含在执行这些行动中数据收集、数据传输、数据生成或处理。功能视图定义进程以控制和管理系统行为（例如监测），以及其他属于描述系统功能行为的其他有源控制元素。在这些元素中还描述了数据处理功能、数据存储和信息的逻辑流。

3.1.3 物理视图

物理视图⁶描述了支持ITS的传输系统和信息交换。在这一视图中，体系结构被描述为一组集成的物理对象（子系统和终止器），它们互动和交换信息以支持体系结构服务包。物理对象被定义为表示ITS体系结构的主要物理组件。物理对象包括子系统和终止器，它们通常提供一组比将在任何一个地方或时间实施的能力更多的能力。子系统是整个智能交通通信系统的组成部分，提供ITS“边界内”的功能。终结器是位于ITS边界的物理对象，并提供ITS功能所需的信息或从ITS接收信息。功能对象将子系统分解为部署大小的部件，更具体地定义支持特定服务包所需的功能和接口。信息流描述发生在物理对象（子系统和终结器）之间的信息交换。物理视图中的信息交换由包括来源和目的地物理对象和交换的信息流在内的三元组确定。

物理视图与其他体系结构视图相关。每个功能对象都连接至功能视图，功能视图更准确地描述所执行的功能和对象交换的数据的细节。物理对象和功能对象在企业视图中也被描绘为资源。企业视图描述了涉及的组织以及这些组织在安装、操作、维护和认证体系结构的所有组件中扮演的角色。

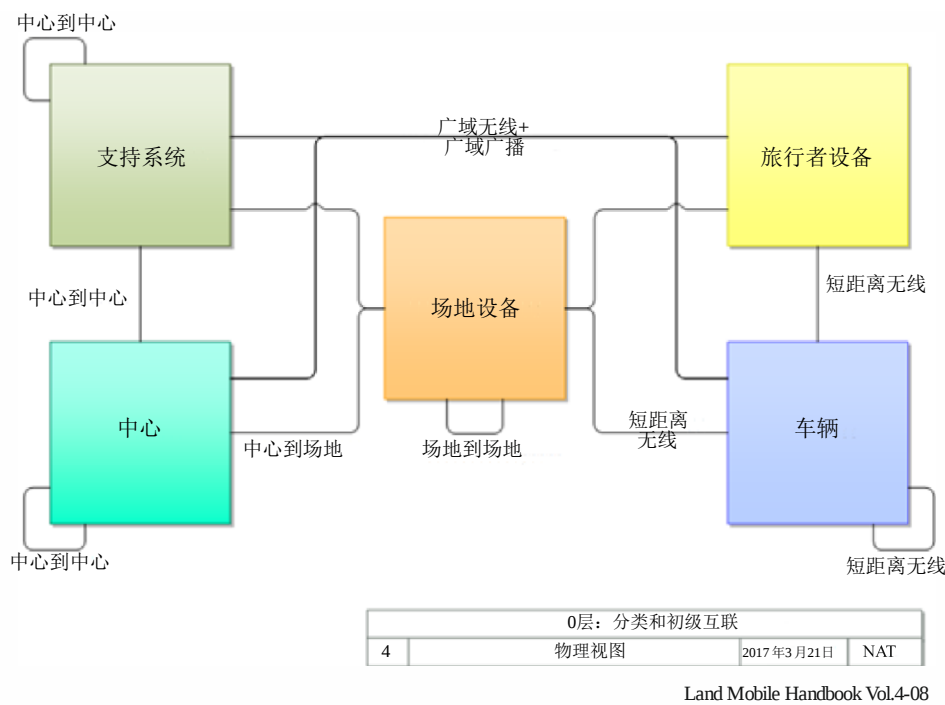
此外，物理视图包含一个概念层次结构。从最抽象（最高级）层次考虑这一体系结构，物理视图描述了支持、中心、场地、旅行者和车辆系统之间的互动，如图8所示。

物理对象的可替代术语亦被使用，例如：个人站点、车辆站点、基础设施（路边站点和网络），以及中心站点。

6 <http://local.iteris.com/arc-it/html/viewpoints/physical.html>

图 8

物理视图



3.1.4 通信视图

通信视图⁷描述了提供物理视图中的物理实体之间的互操作性所需的协议。每个信息流三元组可被映射到一组标准或已发布的规范，这些标准或规范可共同用于在一个操作区域内构建可互操作的实施。这些标准通常是以层次化的方式来考虑，包含从在顶部的数据元素、消息和对话定义的标准，到在底部提供的访问设施、网络、传输和物理数据交换的标准。由于大多数标准之间的关系具有必要的层次性，这些协议被组织成一系列层次。通常跨所有通信中心层建模的提供设备管理和安全的标准也被纳入考虑。

图9描述了一个此类通信栈的样本。这个样本是由交通管理中心控制的一个动态信息标志。该通信解决方案使用任何可用的媒体技术；虽然通常是采用定点有线，但无线技术也会被使用。

⁷ <http://local.iteris.com/arc-it/html/viewpoints/communications.html>

图 9
通信视图



*中心和现场之间在物理链路上传输原始比特的机制，例如L430/431、SONET/SDH、IEEE802.3或任何其他可行的物理层规范或标准。

Land Mobile Handbook Vol.4-09

ITS的体系结构提供了用于设计ITS的一个通用结构。它既不是系统设计，也不是设计的概念。它起的作用是定义一个框架，围绕它可以开发多条设计途径，每一种专门为满足使用者的独特需要量身定制，而同时保持上面所说明的通用体系结构的好处。该体系结构规定了为实施一个给定使用者的业务所必须实现的功能（例如收集交通流量信息或请求一条路由）、这些功能所在的物理实体或子系统（例如，路边或车辆）、各物理上的子系统之间的接口/信息流以及信息流的通信要求（例如有线或无线）。此外，它确认并规定了为支持国家和地区互操作性所必需的标准的要求以及为了支持在部署中规模经济的各种考虑事项所必需的产品标准。

3.2 ITS通信体系结构

3.2.1 ITS通信系统

ITS的通信体系结构提供了将交通部门和电信部门联系在一起的框架,以使能够开发和有效地实施范围广泛的ITS用户的业务。对系统设计人员而言,有多种可利用的可选通信系统。在各种各样的可选系统之间进行选择的灵活性使得每一个实施者有能力选择特定的技术来满足当地、地区或者国家的需要。该体系结构确认和评估各候选通信技术的能力,但是,它不选择或者建议“胜出”的系统和技术。在开发ITS体系结构中的基本的指导原则之一是在它的设计中要借助现有的和近来出现的交通和通信基础设施。这样就将部署的风险和代价减至最小,并将市场的认可度、渗透率和初期的部署率达到最大。

图10

ITS系统的通信体系结构概览



Land Mobile Handbook Vol.4-10

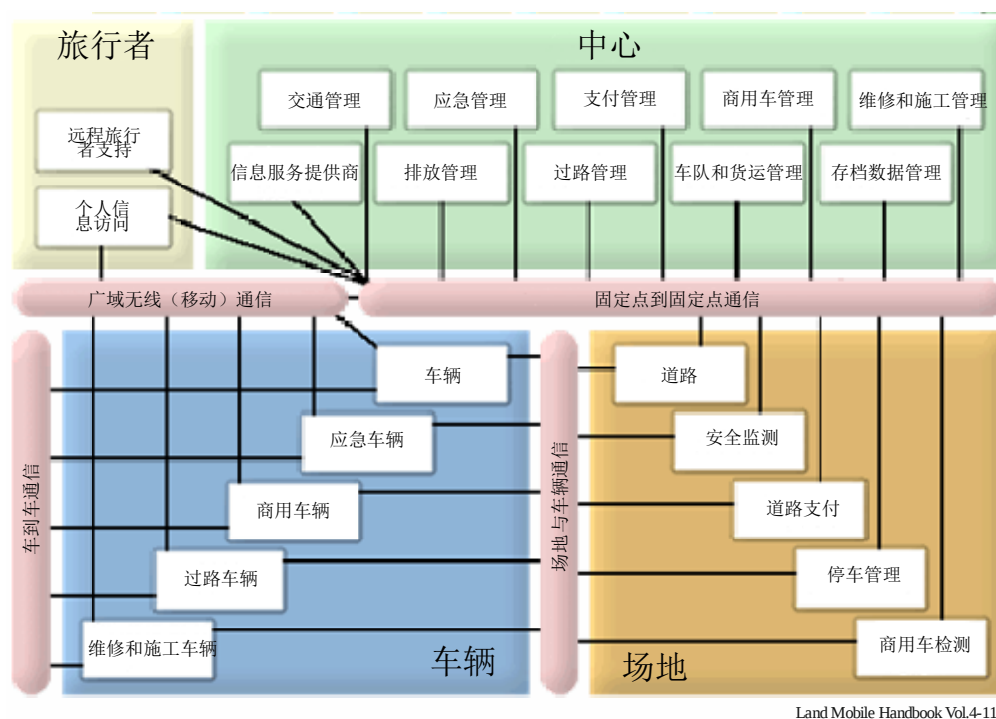
在图10中,中心子系统处理通常分配给公共/私人的行政、管理或规划机构的那些功能。路边子系统包含要求方便地接入到路边位置的那些功能,用于配置传感器、信号、可编程的标志或者其他,与旅行者和各种车辆的接口,而车辆子系统安装在车辆中。旅行者子系统代表了对旅行者或运输公司(例如商用车辆的经营者)有用的支持多种模式旅游的ITS功能的平台。它们可能是固定的(例如亭子或家庭/办公室的计算机)或者可能是便携式的(例如笔记本电脑),而且它们可以由公众(例如通过亭子)或由许多个人(例如通过蜂窝电话或者个人计算机)接入。该体系结构确定了四种通信媒体的类型,这些类型的通信媒体能够支持19种子系统之间的通信要求。它们是有线或无线(固定到固定)、广域无线(固定到移动)、专用短程通信(固定到移动)和车辆到车辆(移动到移动)。顶级的子系统互连图如图11所示,它举例介绍了体系结构的多种可能的子系统之间的各通信媒体接口的示例。

有许多有线技术，以便从中选择出符合固定到固定的各种通信要求的技术。例如，交通流量管理子系统可以使用租用的或者自有的双绞线、同轴电缆或光纤来收集信息和监控路面子系统的设备数据包（例如交通流量监视传感器、交通流量信号、可以改变的消息标志等。）。此外，多种无线技术也可用于支持固定到固定的无线通信需求。

该体系结构根据覆盖的范围和面积确定了两种性质不同的无线通信媒体。第一种是广域无线（固定到无线）通信，适用于向不是位于发射源附近而且需要无缝覆盖的那些使用者发布信息的那些业务和应用。广域无线通信根据它们是单向通信还是双向通信来做进一步区分。单向的广播传输的实例是现在通过调幅或调频无线电收音机收听的交通流信息报道。移动的旅行者请求和接收当时从信息业务提供商来的交通流量信息就是双向通信的一个例子。相对于正论及的ITS通信要求而言，每一种无线技术都有它自己的强项和弱项。

图11

C-ITS系统互联



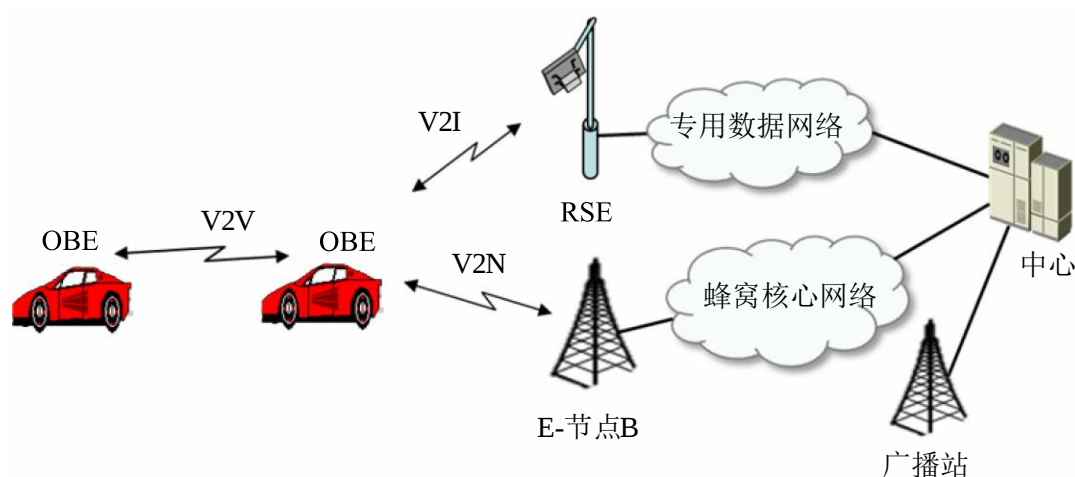
短距离无线被应用于局域信息传输。短距离技术通常应用于新兴的车辆到车辆（V2V）和车到基础设施（V2I）信息广播和交换中。短距离无线通信被要求支持自动化高速公路（AHS），以及（更可能的）交叉路口防撞实施。短距离通信适用应用的例子包括车辆安全应用、本地化支付、路边安全检查、证书检查、车载签约，以及相关的本地交通和移动数据传播，如排队警报和交通信号灯的相关信息。

3.2.2 ITS通信网络

与ITS通信相关的无线通信网络有三种类型：直接的对等通信、蜂窝网络通信和广播传输。图12所示的通用ITS通信网络描述了多种支持ITS的通信类型的使用。该通信网络可设计为满足ITS应用的技术要求。用于ITS的通信网络各部分的所有权和运营责任根据不同主管部门的不同需求而有所不同，因此要遵守这些主管部门的监管要求。

图12

ITS通信网络



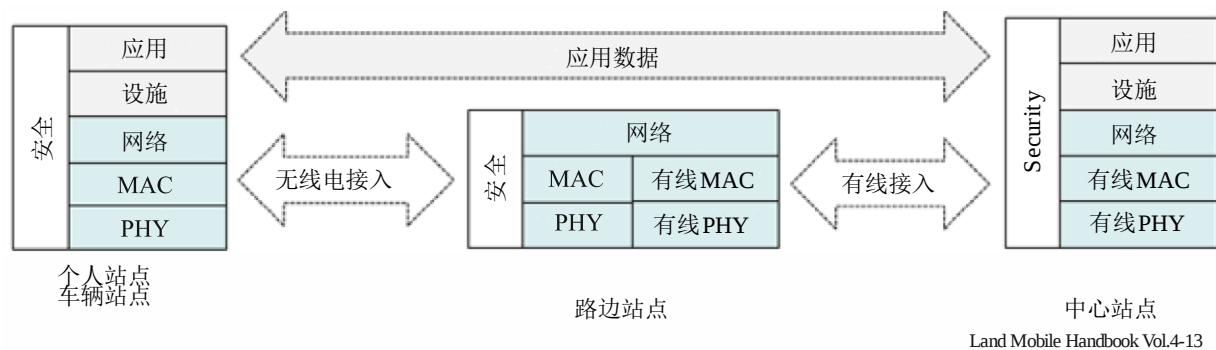
Land Mobile Handbook Vol.4-12

图13所示是一个由个人站点、车辆站点、路边站点和中心构成的ITS系统的物理视图的例子。这四个站点是能够分别通信的物理实体。个人站点是行人和旅行者的手持设备。车辆站点是供驾驶员使用的车载终端。这两个站点提供无线电接入功能和终端用户的应用数据处理。路边站点安装在道路上，提供无线接入和有线接入，以分别连接个人站点（车辆站点）和中心。中心是一个数据服务器，用于接收服务请求和为个人站点或车辆站点提供ITS服务。

根据ISO 7层体系结构，个人站点和车辆站点都有用于无线电接入功能的物理层、MAC和网络层，还有一个设备层和包括安全层在内的应用层。中心也有一个有线物理层、MAC和网络层，也有一个设备层和包括安全层在内的应用层，就像个人站点和车辆站点的通信体系结构一样。路边站点既有无无线接入又有有线接入功能，就像终端用户和服务器之间的网关一样。

图13

ITS通信系统配置



个人站点或车辆站点传输的信息在应用和设备层生成。信息被转换为IP或非IP分组信息，寻遏制信息被添加进传输信息中。IP或非IP分组信息被分割成短小的数据包，并被调制和转换为射频信号。接收到的射频信号被转换为调制信号，在中心站点的应用层恢复信息。表6显示了ITS通信体系结构的示例的技术特性。

表 6

示例ITS通信系统的技术特性

通信体系结构	功能	通信技术
物理层	数字调试、FEC 射频信号传输与接收	ASK、BPSK、QPSK、OFDM
MAC 层	无线电信道接入和指配、分组数据 错误检测	FDMA、TDMA、CSMA、OFDMA
网络层	寻址和路由	TCP/IP、UDP/IP、WSMP、地理网络
设备层	应用内容	交通信号、LDM
安全层	认证和数据隐私	认证、加密
应用层	应用 ID 和信源编码	ETC、BIS、车辆与道路安全、e-call, T-PEG

第 4 章

系统的无线电技术

本章描述了用于ITS系统无线电技术的技术要求和特性。本章节为ITS体系结构的通信视图部分提供了更多详细信息，描述了各类可能用于ITS服务的无线电技术，包括DSRC、V2X、与ITS有关的蜂窝通信、广播、毫米波车辆雷达和道路雷达。

4.1 专用短程通信（DSRC）

4.1.1 引言

DSRC指的是在路边基础设施和车辆或ITS应用之间的专用短程通信系统。DSRC在路边和车辆无线电单元之间的短距离范围内传输分组数据。一般来说，其无线电覆盖少于100 m。如果车辆以100 km/h的速度行驶，则ITS服务的允许时间不到3.6秒，因为车辆速度为27.7 m/s，除以100米。DSRC要求快速建立链路和终止，包括ITS应用的路边基础设施和车辆的快速交互。

DSRC有两类通信：有源DSRC和无源DSRC。有源DSRC类型有一个振荡器源，在车载无线电单元中生成载波频率，像路边无线电单元一样。但无源DSRC类型未在车载无线电单元中安装振荡器来生成载波频率。相反，路边无线电单元将向无线电单元提供载波频率。

DSRC包括车辆控制系统、交通管理系统、旅行者信息系统、公共交通系统、车队管理系统、应急管理系统和电子付费业务。DSRC被认为是一个提供ETC（电子通行费征收）和交通信息的有效通信技术。

DSRC系统具备以下特性：

- 车辆和基础设施之间的分组数据通信。
- 具备快速链路建立和链路终止的定点区域通信。
- 两类DSRC：有源DSRC和无源DSRC（称为背向散射）。

4.1.2 系统配置

DSRC通信系统由车上设备（OBE）和路边设备（RSE）构成，如图14所示。OBE是车辆侧无线电单元，RSE是路边无线电单元。

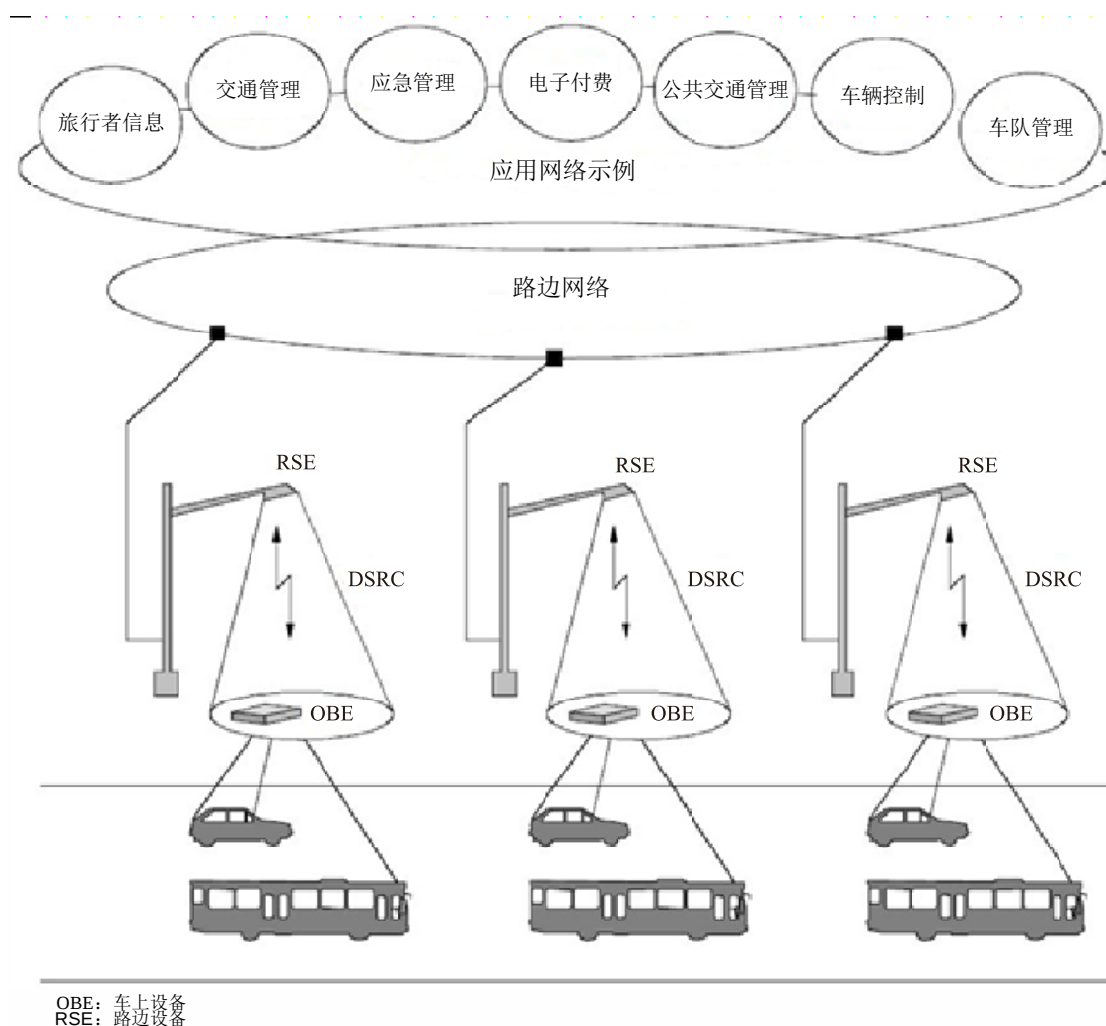
OBE是装在车上的仪表盘附近或挡风玻璃上的，它由无线通信电路和应用处理电路组成。它通常有人-机接口，包括开关、显示器和一个蜂鸣器。

RSE装在道路的上部或沿路安装，并使用无线电信号和通过的DBE进行通信。RSE由无线电通信电路、应用处理电路等组成。它通常有一条与路边基础设施交换数据的链路。

DSRC系统通过发送无线电信号、在车辆装的OBE和RSE之间交换数据来进行工作。这一数据的交换要求高可靠性和用户私密性，因为它可能包含财务的或其他事务的信息。

图14

DSRC通信系统典型配置



Land Mobile Handbook Vol.4-14

OBE和RSE都有无线接入层和应用层的系统参考模型，如图15所示。ETC应用由无线接入层和应用层的功能来实施，无需网络功能，因为收费区安装了ETC服务器。管理和安全层被连接至无线电接入层和应用层，用于系统初始化和系统管理、隐私保护和数据安全。

图15

DSRC通信参考模型



4.1.3 技术特性

4.1.3.1 欧洲无源DSRC系统和应用

背景

1992年，CEPT（欧洲邮电主管部门大会）–ERC（欧洲无线电通信委员会）一致作出了ERC决议（92）02，为改善道路交通的所有方面而设计用于开发完全综合的道路交通系统的频带。已决定在全欧范围内，指配频带5 795-5 805 MHz，而额外的子频带5 805-5 815 MHz是按国家指配的，以满足多车道的道路交叉点的要求。频带是根据最初的道路 – 车辆系统作预测的，尤其是根据道路收费系统作预测的，在那个时代，在许多欧洲国家中，已经显露出对道路收费系统的需求。2002年，电子通信委员会（ECC）撤销了ERC决议02（92），并且用ECC决议（02）01来代替它，该决议于2002年3月15日开始生效。2012年，ECC撤销ERC决议（02）01，因为2019/1345/EU修正的EC决议2006/771/EC和ERC建议书70-03附件5包含了欧盟和CEPT层面的RTTT（道路交通和交通流量远程信息处理）DSRC的协调措施。

此外，欧洲标准化委员会（CEN）和欧洲电信标准委员会（ETSI）已经开发了用于ITS应用的DSRC标准。使用5.8 GHz微波的物理层标准（CEN EN 12253）描述了为了DSRC系统的共存和互通所必需的无线电通信和射频参数的数值。这一标准形成了DSRC标准族的一部分。DSRC标准族由4个标准所组成，涵盖了开放系统互联（OSI）协议栈的第1、2和7层协议和关于RTTT（道路交通和交通流量远程信息处理）应用的轮廓。所有这些CEN标准都是在2003年和2004年中开发和发布的。

相协调的ETSI标准EN 300 674-2：“工作于5.8 GHz工业、科学和医学（ISM）频带的专用短程通信（DSRC）传输设备（500 kbit/s / 250 kbit/s）”是2004年开发和发布的。这一标准包括概述和环境测试条件、测量方法和参数限值。

这一协调的ETSI标准的使用给出了与欧洲议会的指示1999/5/EC和（R&TTE指示）的条款3的一致性的假设。

此外，2019年发布的ETSI开发标准EN 300 674-2-1做出符合欧洲议会的无线电设备指令2014/53/EU第3.2条的推定“工作于5.8 GHz的专用短程通信（DSRC）传输设备（500 kbit/s / 250 kbit/s）；第2部分：涵盖指令2014/53/EU第3.2条基本要求的统一标准；第1子部分：路边

单元（RSU）发布于2016年，和EN 300 674-2-2 “工作于5795 MHz到5 815 MHz频段专用短程通信（DSRC）传输设备（500 kbit /s / 250 kbit /s）”；第2部分：无线电频谱的统一标准；第2子部分：车上单元（OBU）”发布于2019年，给出符合欧洲议会无线电设备指令2014/53/EU第3.2条的推定。

技术特性

欧洲的DSRC系统采用了无源的反向散射（应答器）法。这一方法在其车上设备（OBE）中没有用来产生5.8 GHz无线电载波信号的内部振荡器，所以，它依靠与它通信的路边单元的5.8 GHz振荡器。图16用典型功能方框图来作详尽的说明。

因为无源应答器没有载波信号发生器，当从OBE发射时，路边单元必须连续发射一未调制载波信号。OBE收到这一信号时，将它馈送给发送电路，从而使它成为它自己的载波信号（B）。从主处理单元来的发射数据调制副载波信号振荡器C，并且把它与从接收机来的载波信号进行混频。所得到的载送传输数据的边带信号具有不同于该载波信号的频率（载波信号频率加/减副载波频率），用该载波信号发送所得到的边带信号。为了通过降低载波相位噪声的方法来扩大通信区域和为了缩短在无源应答器系统中的RSE的重复使用距离，利用了副载波调制法。在检波器中，检测出从RSE来的已调制信号，并用主处理单元把它处理为接收数据。无源（应答器）系统的通信区域是很小的，典型值为最远在RSE的前方10米或20米。为了某种程度上扩大通信区域，可以将另外一个射频放大器D插入到应答器的发射电路中去。

无源反向散射法的重要特性之一是通信区域狭窄，典型值为在RSE的前方最远10或20米。这个特性，即通信只能够在精确的地点发生的特性，对正确地确定车辆位置是特别重要的。有许多利用这一特性的应用，如电子通行费征收（ETC）、自动车辆识别（AVI）等。无源反向散射法的另一特性是OBE的结构是简单的，因而导致生产成本低。

图16

无源反向散射法中的OBE的典型配置

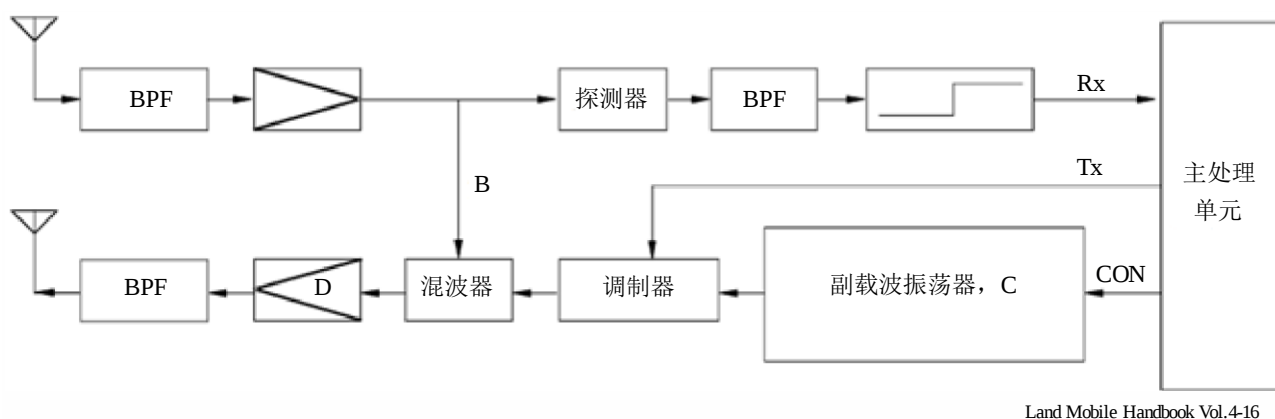


图17表示了RSE和OBE的发射定时图，而图18表示了在无源反向散射法中的RSE和OBE的发射频谱。

图17

无源反向散射法发射定时图

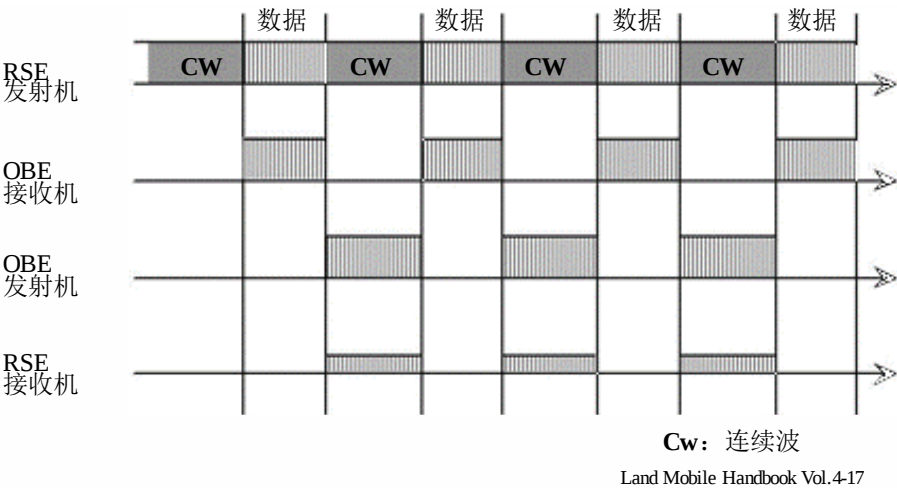
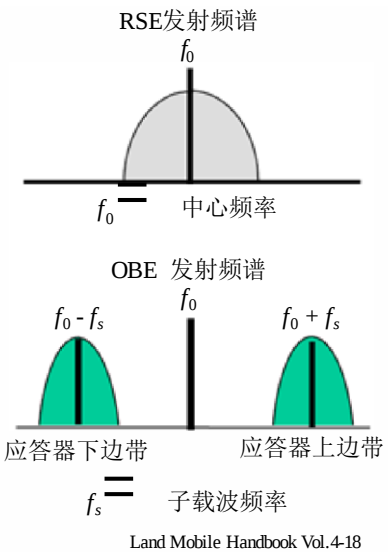


图 18

无源反向散射法中的RSE和OBE的发射频谱



技术规范

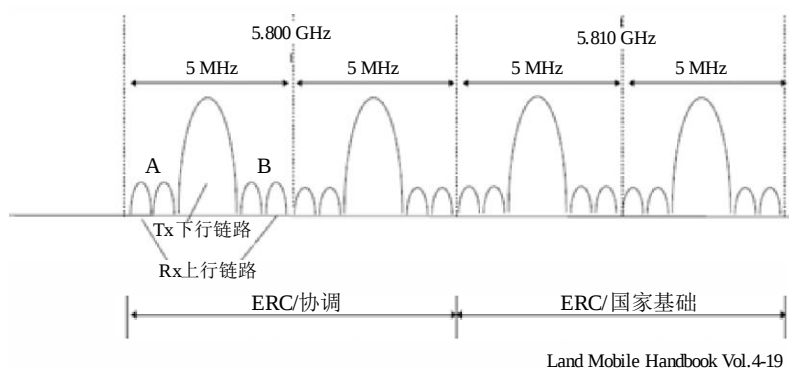
欧洲的反向散射（应答器）法的技术特性如表7所示，它摘录自ITU-R M.1453-2建议书。该建议书将“中数据速率”的欧洲标准（CEN EN 12253）以及意大利的“高数据速率”标准合并成单一的建议书。

在欧洲DSRC标准中，OBE支持两种副载波频率（1.5 MHz和2.0 MHz）。副载波频率的选择取决于RSE指示的轮廓。（建议1.5 MHz）。图19显示了“中数据速率”频谱欧洲标准。

在意大利的“高数据速率”标准的情况下，OBE上行链路副载波频率为10.7 MHz，带来更高的上行链路数据传输速度。图20显示了“高数据速率”频谱意大利标准。

图19

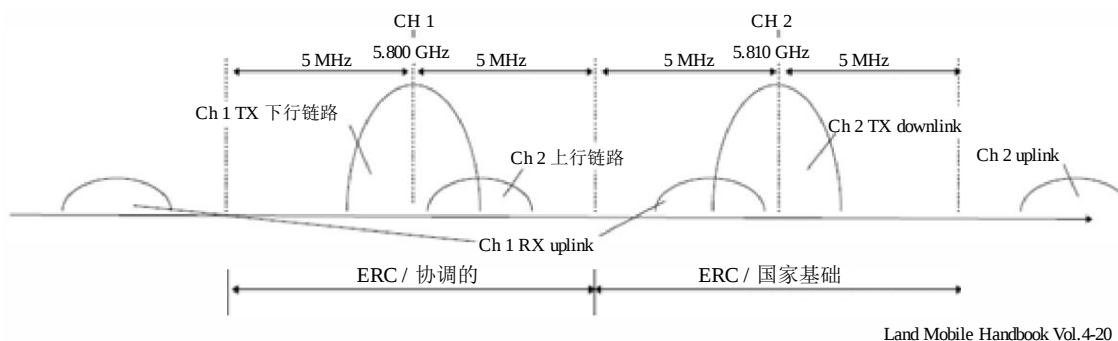
“中数据速率”频谱欧洲标准



(RAST6(98)29, “Intelligent Transportation System – An ETSI View”)

图 20

“高数据速率”频谱意大利标准



(RAST6(98)29, “Intelligent Transportation System – An ETSI View”)

表7

反向散射（应答器）法的特性

项目	技术特性	
	中数据速率	高数据速率
载波频率	下行 5.8 GHz 频带	下行 5.8 GHz 频带
副载波频率	1.5 MHz/2 MHz（上行）	10.7 MHz（上行）
射频载波间隔（频道间隔）	5 MHz	10 MHz
允许占用带宽	小于 5 MHz/频道	小于 10 MHz/频道
调制方法	ASK（下行载波） PSK（上行载波）	ASK（下行载波） PSK（上行载波）
数据传输速度（比特率）	500 kbit/s（下行） 250 kbit/s（上行）	1 Mbit/s（下行） 1 Mbit/s（上行）
数据编码	FM0（下行） NRZI（上行）	
通信类型	应答器型	应答器型
最大 e.i.r.p.（注 1）	≤+33 dBm（下行） ≤-24 dBm（上行，单边带）	≤+39 dBm（下行） ≤-14 dBm（上行：单边带）

注 1 – ERC 建议书 70-03 为有源系统，规定了 e.i.r.p 的值为 2 W，而对无源系统，规定 e.i.r.p 为 8 W。

4.1.3.2 美国DSRC

在美利坚合众国，目前北美不同地区正在使用不同的路边和车辆专有技术进行电子通行费征收。这些技术不具备直接互操作性，因此需要多个收发信机，以便能够跨不同地区进行电子通行费征收，并且使用数据交换协议来提供区域内有限的互操作性⁸。更长远来看，联网车辆技术有望使电子通行费征收与基于自愿行业标准的一种或多种技术融合。

4.1.3.3 日本有源DSRC

背景

1996年7月，日本按长期的设想制定了ITS综合计划，以推动ITS发展。它阐明了建议的ITS功能和日本开发和部署的基本思路。这一计划规定了20种ITS用户业务，并由公共、科学和工业部门制定了研究、开发和部署的目标，一共分为9类发展领域。将电子通行费征收系统(ETC)列为9个发展领域之一。

DSRC是ETC和其他ITS应用业务的关键技术。1994年，DSRC的开发由邮政省（现在的内政和电信省）建立的电信技术理事会开始实施。1997年，邮政省根据电信技术理事会的报告发布了有关DSRC（对ETC）的法规。1997年11月，日本由ARIB（无线电二商联合会）制定和发布了DSRC的标准。

⁸ <https://www.ibtta.org/sites/default/files/Interoperability%20Background-1.pdf>.

1994年，日本建设省（现在的国土、基础设施和交通省）与4家主要的公共通行费运营商和10家由私营公司组成的财团合作，开始了关于电子通行费征收系统（ETC）的联合研究项目，该系统在日本全国范围内有互通性。通过1997年在小田原—厚木高速公路上进行的试验工作，完成了该项研究工作。

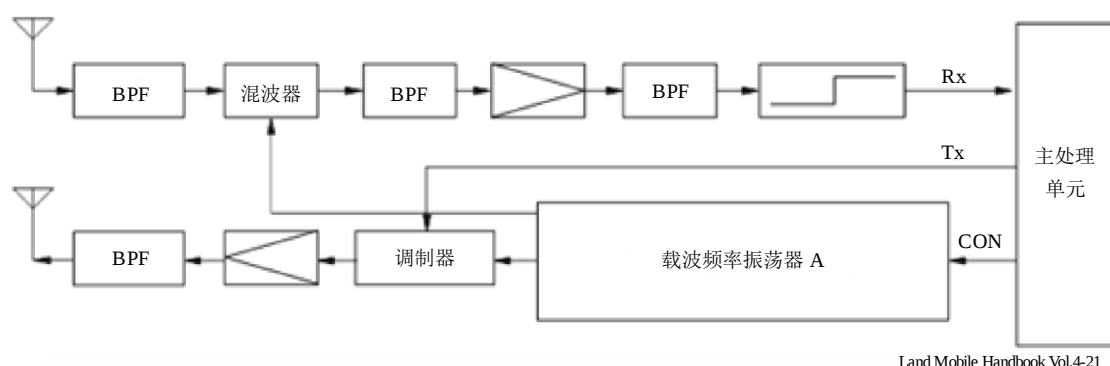
2001年，ETC业务在全国范围内开展。截止2017年，ETC的用户数量达6 000万。用户数的增加将为各种不同的应用使用相同OBE、由DSRC技术提供服务创造了条件。2015年，在全国范围的高速公路启用ETC2.0业务（例如，电子信息业务VICS（车辆信息和通信系统））。

技术特性

日本的DSRC系统采用有源（收发信机）法。对有源法而言，配备了其功能与RSE相同的OBE，它配备了无线通信所必需的器件。更具体地说，RSE和OBE都装入了5.8 GHz频带载频振荡器并有相同的无线电发射功能。图21表示了OBE的无线电路的典型方框图。图21的上半部是接收机，下半部是发射机，而处理单元在图的右边。发射和接收的天线是可以共用的。有源（收发信机）法的OBE用图的左上方的天线接收来自RSE的无线电信号。所接收到的每一信号通过每一个功能块，并由主处理单元处理或接收数据。来自OBE的发射信号是用发射的数据所调制的来自振荡器A的5.8 GHz频带载波信号。该信号从左下方的天线发送出去。

图 21

有源法中的OBE的典型配置



有源（收发信机）法通过控制发射天线的方向很容易实现小的或大的通信区域ETC天线的脚印（通信区域）是很小的（典型值 $3\text{ m} \times 4\text{ m}$ ）。另一方面，通过用于信息发布的进场天线可以实现的最大脚印长度达30 m。在脚印内的比特差错率（BER）是很低的（小于 10^{-6} ）。除了大量信息要以高可靠性进行通信外，有源（收发信机）法的主要特征是灵活的通信区域形状的形成方法。这些特性对使用DSRC的各类ITS应用服务来说是不可或缺的。

技术规范

日本的有源（收发信机）法的技术特性如表8所示，它也是从ITU-R M.1453-2建议书中摘录出来的。在这一表中，在射频载波间隔那一栏中，有两种规格。宽间隔（10 MHz频道间隔）主要用于采用ASK（幅移键控）调制法的现在的ETC应用。窄间隔（5 MHz频道间隔）是用于采用ASK和/或QPSK调制法的多DSRC应用业务。2000年10月，日本邮政省（现在的MIC）根据电信技术理事会的关于通用的DSRC系统应用的提案修改了无线电的法律，就在那个时候，加上了窄频道间隔的规格。2002年8月，向ITU-R提出修改的提案，而且ITU-R采纳了修改意见，作为修订的DSRC ITU-R M.1453-1建议书发布。

为了用减小RSE的重复使用距离的方法，促进有效的频率利用，建议DSRC的最大通信区域为30 m。也是为了促进有效地使用频率，采用FDD（频分双工）系统。

表8

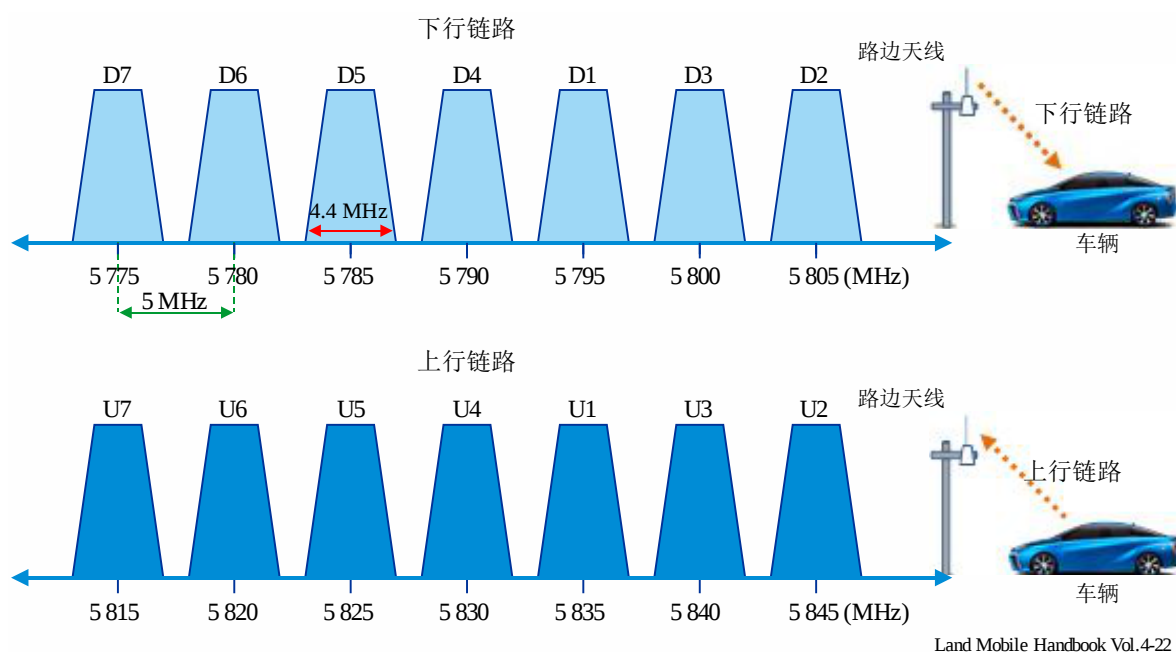
有源（收发信机）法的特性

项目	技术特性
载波频率	上下行都使用 5.8 GHz 频带
射频载波间隔（频道间隔）	5MHz
允许占用带宽	小于 4.4MHz
调制方法	ASK、QPSK
数据传输速度（比特率）	1024 kbit/ASK, 4096 kbit/QPSK
数据编码	曼彻斯特编码/ASK、NRZ/QPSK
双工间隔	在 FDD 情况下，40 MHz
通信类型	收发信机型
最大全向辐射功率（e.i.r.p）	≤ +30 dBm（下行） （传输距离不大于 10m 情况下， 加到天线上的功率≤10dBm）
	≤ +44.7dBm（下行） （传输距离大于 10m 的情况下， 加到天线上的功率≤24.77dBm）
	≤ +20dBm（上行） （加到天线上的功率≤10dBm）

图22展示了日本在5.8GHz频段使用DSRC的ITS应用的信道安排。

图 22

日本在5.8 GHz频段使用DSRC的ITS应用的信道安排



4.1.3.4 中国DSRC

中国的ETC系统采用有源（收发信机）方法。RSE和OBE均可在5.8 GHz频段工作。在物理层规定了两个类别。使用ASK调制的A类应满足ETC应用的基本要求。采用FSK调制的B类应满足高速数据传输的要求。表9和表10分别展示了下行链路和上行链路的技术特性。

表9

中国ETC系统下行链路技术特性

项目		A类	B类
载波频率	信道 1	5 830 MHz	5 830 MHz
	信道 2	5 840 MHz	5 840 MHz
允许占用带宽		≤ 5 MHz	≤ 5 MHz
调制方法		ASK	FSK
数据传输速度（比特率）		256 kbit/s	1 Mbit/s
数据编码		FM0	曼彻斯特编码
e.i.r.p.		≤ +33 dBm	≤ +33 dBm

表10

中国ETC系统下行链路技术特性

项目		A类	B类
载波频率	信道 1	5 790 MHz	5 790 MHz
	信道 2	5 800 MHz	5 800 MHz
允许占用带宽		≤ 5 MHz	≤ 5 MHz
调制方法		ASK	FSK
数据传输速度（比特率）		512 kbit/s	1 Mbit/s
数据编码		FM0	曼彻斯特编码
e.i.r.p.		$\leq +10$ dBm	$\leq +10$ dBm

4.1.3.5 韩国有源DSRC

背景

在韩国，随着城市人口和就业的快速增长，对交通设施和服务的需求正日益增加。韩国土地、基础设施与交通部（MOLIT）宣布了先进交通系统的部署项目，成为韩国启动ITS的一个重要里程碑。在2000年秋，MOLIT选择大田、济州岛和全州市作为部署ITS系统的模范城市。这一项目促使公共和私营部门合作伙伴开发ITS技术。

韩国DSRC技术于1998到2000年期间由科学技术信息通信部（MSIT）的国家项目开发。2001年，5.8 GHz 射频频段被指派用于ITS应用。它有两个频段：一个是20 MHz（5.795~5.815 GHz），供公共ITS使用；另一个是20 MHz（5.835~5.855 GHz），供ITS运营商使用。

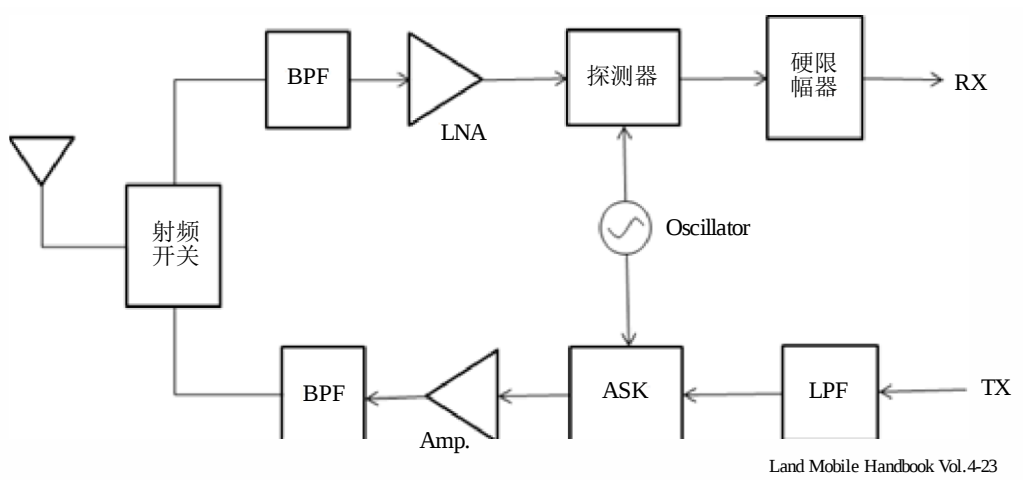
韩国DSRC技术被应用于电子通行费征收（ETC）和公交信息系统（BIS）。在韩国，ETC被称为“Hi-Pass”业务，在高速公路收费区提供自动收费服务。韩国的DSRC技术以被应用于城市地区的BIS。当公交车到站的时候，它会通过RSE和有线网络连接至ITS中心。ITS中心将检测公共汽车号码及其位置，并将到达和离开的时间发送到车站。乘客可以在公交车行驶过程中获得位置及其状态信息。2004年，Hi-Pass被商业化，它的订户数增加至1000万以上。

技术特性

韩国DSRC频段信道带宽为10 MHz，不包括天线增益的辐射功率为10mW。它采用TDD方案，在下行和上行接入中使用单个射频载波，这比FDD方案的频率使用效率更高。TDD有一个射频开关来选择发送信号或接收信号。在发送部分，通过低通滤波器（LPF）和幅度移位键控（ASK）调制将发送的数字数据转换成调制信号。在接收部分，使用检波器和硬限幅器恢复收到的射频信号，如图23所示。

图23

方案的OBU配置



技术规范

韩国DSRC的短无线电覆盖范围小于100米，允许的通信时间限制在几百毫秒量级。因此，它必须在车辆行使的情况下迅速创建链路和进行双向通信。发射数据速率为1.024 Mbit/s，而曼彻斯特编码（在位元时间内编码从低到高或从高到低传输）使其数据速率提高了一倍。曼彻斯特编码帮助接收机的时钟恢复。射频功率为10 dBm (10 mW)。

表11

韩国DSRC通信技术规范

项目		无线电特性
载波频率	信道 1	5.80 GHz
	信道 2	5.810 GHz
射频载波间隔		10 MHz
调制方法		ASK（振幅键控）
数据传输速率		1.024 Mbit/s
数据编码速率		曼彻斯特编码
最大射频功率		10 dBm
双工		TDD

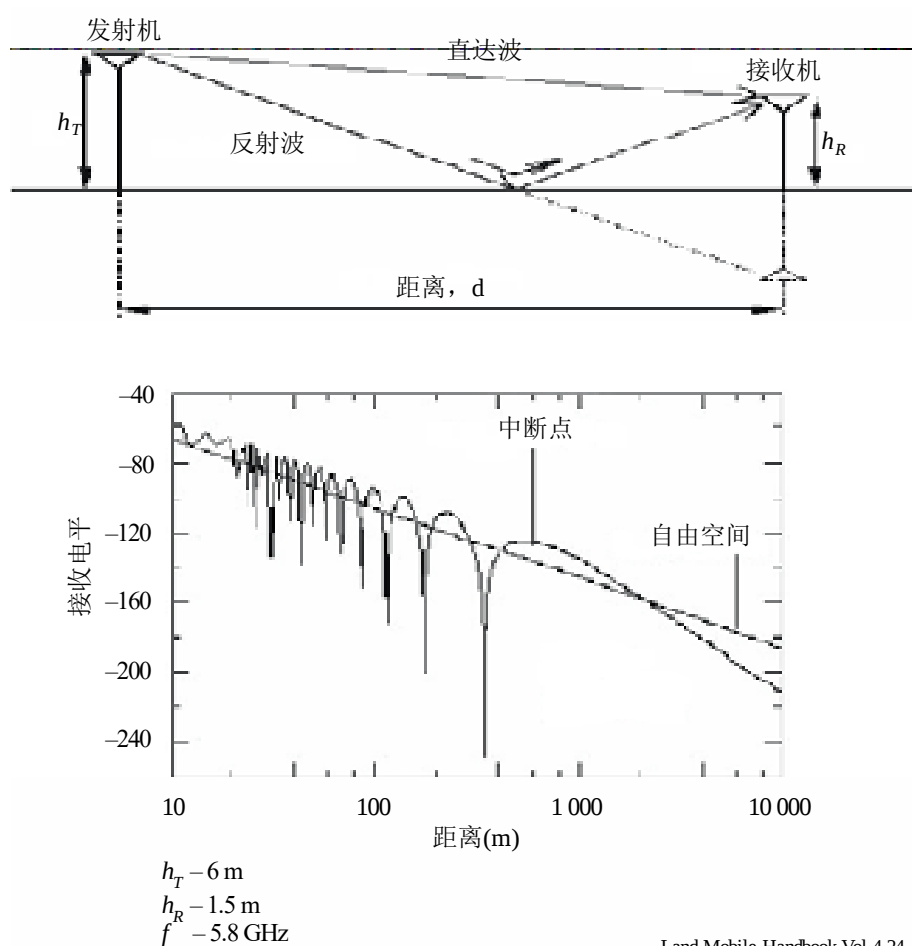
4.1.4 DSRC无线电传播特性

无线电传播

在DSRC无线电传播中，地面发射是决定接收机处的接收特性的最重要的因素。图24表示了直接路径和反射路径之间的关系以及在一定距离的接收机处的接收电平与距离关系的实例。直接波和地面反射波可能提高或降低接收电平，取决于直接路径和反射路径之间的长度之差（ $\Delta_r = 2h_T h_R / d$ ）。因为直接波和地面反射波可以发生有利的或有害的相互干扰，取决于反射波和直接波之间的相位关系，所以，接收机处的接收电平变化非常大，直至出现中断点（ $d_{BP} = (4h_T h_R) / \lambda$ ，其中 λ 为波长），从这一位置开始，反射波与直接波永远相互抵消，因而接收电平的衰减（ $1/d^4$ ）比自由空间电平（ $1/d^2$ ）快得多。

图24

双射线传播模型



Land Mobile Handbook Vol.4-24

大家公认下面由发射机和接收机之间的距离所表征的三个区域：

- 区域1：一直到几十米（典型30 m以下）

虽然接收机处的理论接收电平随地面反射的距离而变化，但考虑到发射机的天线和接收机的天线的方向性，通常地面反射是可以忽略的。这个区域最适用于DSRC应用。

- 区域2：从几十米到中断点

接收机处的接收电平随距离变化非常显著，而且沿着道路移动的车辆要受到快衰落。

- 区域3：超过中断点

接收电平迅速衰减（ $1/d^4$ ）。沿着道路移动的车辆受到最严重的干扰。

接收电平迅速衰减（ITS系统射频指配为1，ITS系统射频指配 $1/d^4$ ）。沿道路形式的车辆受到的干扰最严重。

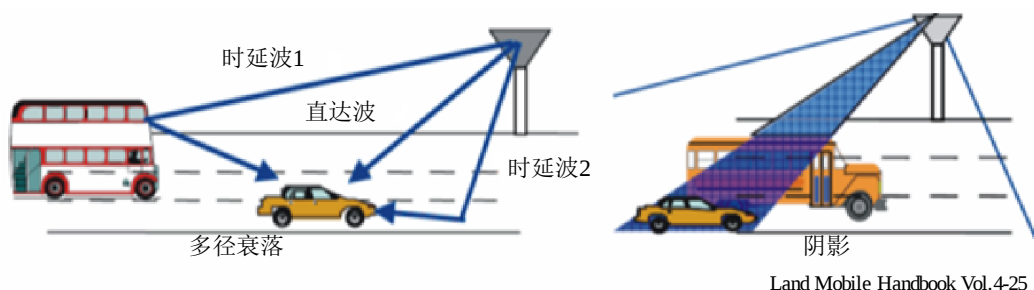
无线电传播特性

在实际的DSRC环境中，除了上面所描述的两射线传播模型的特性外，必须考虑下列干扰因素。

- 多径衰落：由于来自地面、建筑物和其他车辆来的散射和反射引起的多径传播导致在高速行驶的车辆中发生快衰落，见图25。
- 时延扩散：当要发送的数字信息为高数据速率时，必须考虑时延扩散效应（由多径信道引起的时间扩散所产生的失真）。
- 阴影：由于大的障碍物，如一辆公共汽车的阴影引起的绕射损耗造成场强很大的衰减，见图25。
- 多普勒效应：特别是在频率高和在车速高的情况下，可能要考虑多普勒效应（由于多普勒效应引起的频率偏移所造成的失真）。

图25

多径衰落与阴影



4.2 先进ITS无线电通信

4.2.1 引言

先进ITS无线电通信也是专用的短程通信，在车载环境中为安全应用提供车辆到车辆的通信（V2V）和车辆到基础设施的通信（V2I）。V2V连接意味着点到点的直接通信，无需连接基础设施，可应用于车辆安全应用。

现有的DSRC也是专用的短程通信，在ISM频段提供V2I连接。然而，先进ITS无线电通信在安全应用的专用频段同时提供V2I和V2V连接。表12给出了DSRC（韩国）和A先进ITS无线电通信（WAVE）的技术特性的比较。

V2V通信使用分布式控制接入方法，因为每个OBU在有数据要发送的时候，都可以尝试接入无线电信道。V2V通信使用分布式控制接入方法来确保OBU在有数据要发送的时候可尝试接入无线电信道。

北美的车辆环境无线访问（WAVE）是V2X通信的典型示例。根据WAVE规范，它满足安全相关系统在300米的无线电范围内200 km/h的车辆速度下的100 ms的包时延和10%的误包率要求。它还满足数据认证和安全要求，这是必要的，因为安全管理包括车辆位置信息。WAVE通信支持其他ITS用例，范围最多1km。表12提供了DSRC和先进ITS无线电通信的高级别比较。

表12

DSRC和先进ITS无线电通信技术特性比较

项目	DSRC	先进ITS无线电通信
频段	ISM	专用频段
连接	V2I	V2I 和 V2V
双工	FDD, TDD	TDD
调制	ASK	OFDM ⁹
数据传输速率	1.024 Mbit/s	最大 27Mbit/s ¹⁰ , 已部署系统中的安全相关通信典型为 6 Mbit/s
最大射频功率	10 dBm	最大 (40 Watt), 安全相关已部署系统典型为 20 mW
数据时延	低	少于 100ms
无线电覆盖	少于 100 m	安全相关已部署系统的典型要求: 最大 1000m, 300 m 全向覆盖, 10%最大误包率。

先进ITS无线电通信还为车辆安全和C-ITS应用提供快速链路设置和终止。先进ITS无线电通信在包延迟、数据速率和无线电覆盖方面, 提供了比现有的DSRC通信更好的性能。

- 使用V2I或V2V连接的包数据通信
- 在定点区域快速链路设置和链路终止
- 在车辆环境中的可靠通信
- 数据认证和安全

4.2.2 系统配置

先进ITS无线电通信由车上设备(OBE)和路边设备(RSE)构成, 如图26所示。OBE是车辆侧的无线电单元, RSE是路边侧的无线电单元, 是用于DSRC通信的相同术语。RSE通过IP网络(可使用有线或无线基础设施)连接至ITS中心。

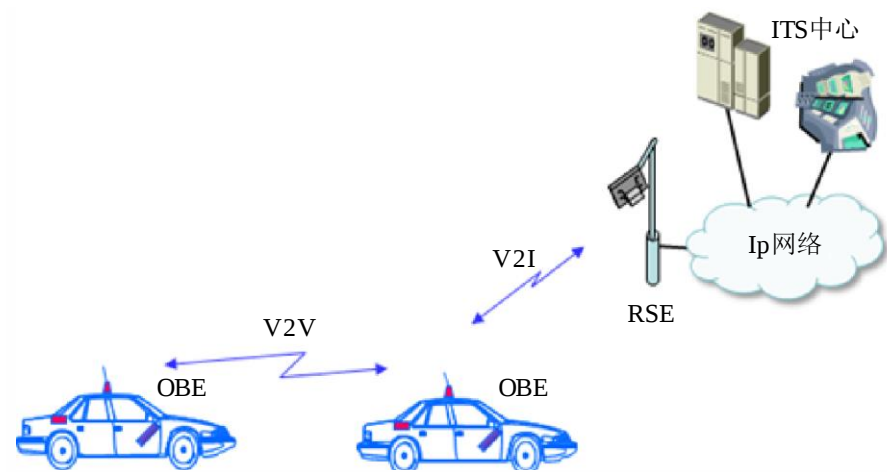
先进ITS无线电通信使用分布式信道接入方案, 因为每个OBU在有数据要发送的时候, 都可以尝试接入无线电信道。

⁹ IEEE Std. 802.11TM-2016, p 2303, Chapter 17.

¹⁰ IEEE Std. 802.11TM-2016, p 2303, Table 17-16 for a 10 MHz channel.

图 26

先进ITS无线电通信

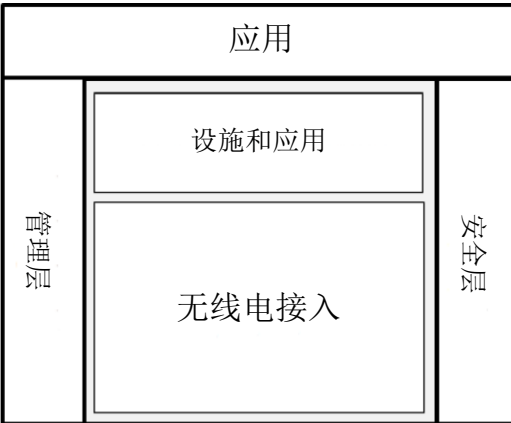


Land Mobile Handbook Vol.4-26

OBE和RSE都有具备无线电接入层、设施、网络和应用层的系统参考模型，如图27所示。无线电接入层支持车辆和RSE之间的V2X无线电连接。设施和网络提供了车辆和路面实时状态（例如本地动态地图）的情境信息。支持IP网络或非IP网络。管理和安全层连接至无线电接入层、设施和网络、应用层用于系统初始化和系统管理、ID认证和数据安全。

图27

先进ITS的V2X通信参考模型



Land Mobile Handbook Vol.4-27

4.2.3 技术特性

4.2.3.1 欧洲ITS G5

背景

协同式ITS通信（C-ITS）是基于标准化的和可互操作的无线自组织通信系统。至少在世界不同区域必须保证互操作性。互操作性要求并不意味着在所有区域使用完全相同的系统。例如，在5.9 GHz频段，欧洲C-ITS主要是基于IEEE 802.11p和ETSI ITS-G5，而美国在5.9 GHz频段的实施主要依据略微不同的IEEE 802.11p和上文描述的WAVE系统。这些技术的标准已经完成，密集的测试和验证已经进行，第一批实施已经完成，部署也正在进行中。大多数实际讨论的系统都是基于一个已确立的接入层（PHY层和MAC层），由IEEE802标准化为IEEE802.11p，现在被整合为IEEE802.11TM-2016标准集合的一部分。

在一些国家，5 850-5 925 MHz范围内（带宽最高达75MHz）的频段 – 与ITU-R M.2121-0建议书（01/2019）“统一用于移动业务中智能交通系统的频段”相符 – 被选为即将推出的交通安全相关C-ITS部署的主要操作频段。此外，63.72-65.88GHz频段也被指定给CEPT移动业务下的交通安全相关的应用。

在世界范围内，各类标准化组织都参与了C-ITS的标准化工作。汽车工业大力支持的主要行动者和谐活动是美国围绕IEEE/WAVE/SAE的活动和欧洲围绕ETSI TC ITS的主要活动。这些活动得到了美国行业协会CAMP（碰撞避免度量标准合作伙伴）和欧洲行业协会C2C-CC（车辆间通讯联盟）的支持。

C2C-CC是一个由16家欧洲汽车制造商、37家供应商和28家研究机构组成的行业驱动的非盈利协会，致力于实现道路交通合作，从而提高交通安全、效率和驾驶舒适性。C2C-CC在制定C-ITS的欧洲标准和与美国的CAMP在C-ITS方面密切合作发挥了巨大作用。为了在2019年之前统一和协调C-ITS在欧洲的车辆和交通基础设施中的推广，该联盟与阿姆斯特丹组（Amsterdam Group）进行合作。这是车辆间通讯联盟、ASECAP（欧洲收费公路基础设施运营商协会）、CEDR（欧洲道路主管会议）和POLIS（欧洲城市和区域网络创新交通解决方案）的战略联盟。不仅如此，联盟还积极为欧盟委员会组织的C-ITS部署平台的工作做出贡献。

C2C-CC以发布宣言的方式来参与车到车通信技术的初始设计。它还通过参与FOT（现场操作测试）和正在进行的跨境C-ITS走廊项目，并专注于互操作性测试，来帮助验证C-ITS。

2007年，CAR 2 CAR通讯联盟在其网站上发布了宣言¹¹。这份文件为2008年在杜登霍芬的欧宝试验场地进行的首次互操作性演示奠定了基础。

本文件描述了C-ITS用于提高安全性和交通效率，以及将通信系统用于信息娱乐和其他目的的场景。从这些场景中获得系统的先决条件和约束条件，并开发系统架构。该架构描

¹¹ <https://www.car-2-car.org/documents/basic-system-profile/>

述了通信原则、单个组件、各层架构和相关协议。接下来的几章描述了应用、无线电和通信系统以及数据安全和隐私。

本文件规定了使C-ITS单元具有互操作性的标准轮廓。首个基本系统轮廓（BSP）版本于2014年底推出，供C2C-CC内部使用。最新修订的BSP版本于2020年在联盟成员和公众之间分享，并保持更新¹¹。它包含一个系统规范，并辅之以一系列标准和参数。它推动测试将被“第一天”应用所使用的方面。

技术特性

ETSI 技术委员会ITS（智能交通新系统）中对ETSI ITS-G5进行了规定。基本系统与前文所述的美国V2X（WAVE）系统完全协调。

ETSI ITS-G5已被开发为一个不依赖任何固定的网络组件（例如接入点、基站或其他基础设施组件）的完全自组织系统。尽管如此，基于ETSI ITS-G5标准的基础设施的部署，作为自组织网络的一部分，可通过引进基于基础设施的信息来提高运营能力。

ITS应用取决于高可靠性和低时延通信，以及分布式拥塞控制（DCC）。DCC通过使用发射功率控制（TPC）和对数据速率以及包速率的调节来维持网络稳定、通量效率和公平的资源分配。

ITS应用的5 855-5 925 MHz频段被分割成带宽为10 MHz的信道。ITS站点的最大功率谱密度应被限制为23 dBm/MHz e.i.r.p.，但总功率不得超过33 dBm e.i.r.p.，发射功率控制（TPC）范围为30 dB。CEPT将较低的20 MHz频段指配给非交通安全相关的ITS应用（例如提高交通效率应用），而较高的50 MHz频段被指配给交通安全相关的ITS应用，例如旨在利用ITS站点间通信来减少交通死亡或事故数量的时间关键的状态信息交换。表13总结了ITS系统的频率信道指配，包括用于道路ITS的V2V和V2I通信。在CEPT和EU，5925-5935 MHz中有额外10 MHz被指配给城市轨道ITS，这在本报告的范围之外。

表13

ITS的频率信道指配

应用	监管	频率范围 (MHz)	部署或计划年份
V2V 和 V2I 通信	CEPT: ECC/REC/(08)01 EU: (EU) 2019/1345	5855 - 5865	
		5865 - 5875	
交通安全相关的 ITS、V2V 和 V2I 通信	CEPT: ECC/DEC/(08)01 EU: (EU) 2020/1426	5875 - 5885	基础设施自 2016 年起，已在 一些成员国部署 ¹² ；车辆自 2019 年起开始部署 ¹³ 。
		5885 - 5895	
		5895 - 5905	
		5905 - 5915	
		5915 - 5 925	
交通安全相关的 ITS、V2V 和 V2I 通信	CEPT: <u>ECC DEC (09)01</u> EU: <u>(EU) 2019/1345</u>	63.72-65.88 GHz	

技术规范

ETSI ITS-G5系统规定了一种保护机制，用于保护在5 795 MHz至5 815 MHz频段工作的基于CEN-DSRC的ETC系统。这些机制和限制优化了在近距离运行的两个系统的平稳共存。

此外，ETSI ITS-G5系统必须执行一个拥塞控制机制，以确保在高信道负载的情况下的平稳运行。ETSI TS 103 175定义了该机制。

表14给出了ETSI ITS-G5的主要发射机特性。表15给出了ETSI ITS-G5的10 MHz信道带宽的发射机频谱掩膜。

表14

主要发射机特性

参数	值	
发射 3 dB 带宽 (MHz)	10 MHz	
功率（峰值）(dBm) e.i.r.p.	33 dBm	
功率谱密度 dBm/MHz e.i.r.p.	23 dBm/MHz	
数据速率	3、4.5、6、9、12、8、24 和 27 Mb/s	
调制参数	调制： BPSK、QPSK、 16-QAM、 64-QAM	编码速率： 1/2、3/4、2/3
方位离轴天线方向图	车辆 – 全向（360°）；扇形天线有时候与 基础设施 ETSI-ITS-G5 发射机天线共同使用	

¹² <https://www.c-roads.eu/platform.html>

¹³ <https://www.volkswagenag.com/en/news/2017/06/pwlan.html>

表15

根据ETSI EN 302-571 v2.1.1的10 MHz信道带宽的
发射机频谱掩膜

载波 频率 f_c (dBc)	± 4.5 MHz 偏移 (dBc)	± 5.0 MHz 偏移 (dBc)	± 5.5 MHz 偏移 (dBc)	± 10 MHz 偏移 (dBc)	± 15 MHz 偏移 (dBc)
0	0	-26	-32	-40	-50

4.2.3.2 北美WAVE

背景

WAVE是一个专用移动无线电通信系统，用于在道路、轨道或其它专用设施上行驶的车辆之间以及车辆和交通基础设施之间提供非话音通信。因此，WAVE是ITS通信的基本技术，使用协调和可互操作的信息技术来帮助连接ITS部署覆盖的道路、交通和车辆。这一特殊的无线技术对运输系统的发展来说是转变性的，因为它在点对点的基础上提供了非常本地化和低延迟的通信能力。这些能力旨在支持不断发展的、自动化程度更高的未来交通系统的计划的和仍未预见的的海量需求。WAVE系统特别利用广播操作模式作为支持公共利益的主要手段；还利用车辆和基础设施之间的双向通信（包括提供与各类公共和私人交通环境中涉及的特定单位相关的较低优先级的信息的能力）来通信。

美国正在推行WAVE “以改善旅行者的安全，减少交通堵塞，助力减少空气污染，并帮助节约重要的化石燃料”¹²，以及美国的特别关注：减少公路死亡事故⁷。虽然尚未广泛部署，但美国已开发了多个应用，其中有许多已在大型场地开展测试或在模型部署中操作¹³。这一进展为美国提供了关于这些应用的广泛知识，有助于在先进ITS背景下实现交通安全、流动性和环境管理。WAVE ITS应用旨在执行与改善交通安全和交通流量有关的操作，以及其他智能运输服务应用，包括提高运输系统的效率和运营（例如，助力道路货运活动或在应急响应期间

¹² 联邦公报，第64卷，225-227期，第66405页。

¹³ “Collaborative Connected Vehicle Research Update” (https://www.its.dot.gov/presentations/CV_PublicMeeting2013/PDF/Day1_LukucInteroperability.pdf) 第10-12页；“Safety Pilot Model Deployment: Lessons Learned and Recommendations for Future Connected Vehicle Activities” (<https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/4361>) 第11-12页；“CV Applications Already Deployed by Responding Agencies” (http://transops.s3.amazonaws.com/uploaded_files/V2I%20DC%20TWG%201%20-%20January%2028%2C%202016%20Webinar%20Slides%20V3.pptx) 第30页；“Maricopa County Department of Transportation (MCDOT) SMARTDriveSM Program” (<https://www.maricopa.gov/640/Connected-Vehicles-Program>)；“Connected Vehicle Pilot Deployment Program Phase 1: Concept of Operations (ConOps) – New York City” (<https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/30881>) 第36页；“Connected Vehicle Pilot Deployment Program: ICF/Wyoming Concept of Operations” (http://www.its.dot.gov/pilots/pdf/ICF_ConOpsWebinar_02042016.pdf) 第34页。

的交通管理)。美国部署使用WAVE通信的先进ITS应用程序的重点包括：交通安全、全国范围互操作性、长期技术稳定性、自发的行业标准和支撑公共利益。

技术特性

车上设备 (WAVE OBE)：OBE由安装在车内、用于与其他车辆和技术设施进行WAVE通信并支持使用WAVE的应用的通信和处理设备构成。OBE在集成到车辆中并能与其他车上设备 (如车辆的传感器套件、防抱死制动系统和其他子系统) 连接时可最为有效，使其能够对这些现有系统做出补充。

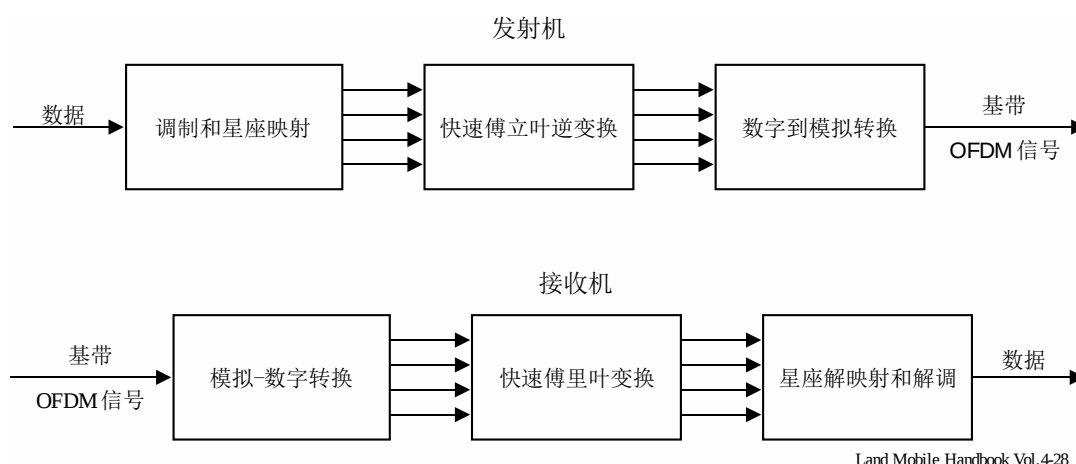
路边单元 (WAVE RSU)：WAVE RSU安装在道路或其他基础设施的上方或旁边，通过使用无线电信号与经过的OBE通信。RSU有无线电通信电路、应用处理电路和相关设备构成，可能有到交通管理中心 (TMC) 和其他路边设备 (例如交通信号控制器) 以及互联网的数据连接，以交换数据和维护安全凭证信息。

WAVE系统通过发射无线电信号，在车载OBE之间以及OBE和基于基础设施的RSU之间交换数据。通过遵守行业标准设定的要求，这些系统完成了确保各类设备和应用程序制造商之间可互操作的数据交换。互操作性是支持快速、标准化地采用提供至关重要的安全相关、系统和运营效率以及其他公共利益的的关键。

完成下表的大部分信息来自标准802.11-2016。WAVE使用的调制是10 MHz信道上的“半时控” OFDM。图28是基本OFDM发射机和接收机的方框图。

图28

WAVE发射机和接收机



在控制信道的指导下，WAVE应用可在动态分配的基础上访问7个10 MHz信道中的每一个，如图16所示，但不使用20 MHz组合信道（表格中指定为信道175和181）。该频段规划为碰撞迫近安全相关（信道172）和高功率公共安全相关（信道184）应用提供专用信道，并通过控制信道机制灵活分配其他业务信道，以支持广泛的先进ITS WAVE应用。许多应用只会在特定的时间和地点部分使用一个特定的可分配信道，使各可分配的服务信道能够在WAVE应用之间共享。

未实现分配到专用信道上的安全相关应用通常使用控制信道来发射非常简短、不频繁的消息，或者在控制信道上使用WAVE业务通知（WSA）来指示进行通信的服务信道（如果这些消息不太依赖于非常低的时延的话）。较低优先级的消息通常在控制信道上使用WSA，WSA被分配给当时未被该位置的安全相关通信完全占用的信道。这种将应用信息灵活指定给不同地点的不同服务信道的做法有利于提高频谱效率，减少WAVE应用之间的干扰。

表16

WAVE在美国的频段计划

5.850 GHz							5.925 GHz
		CH175			CH181		
5 850-5 855 保留 5 MHz	CH172 业务 10 MHz	CH174 业务 10 MHz	CH176 业务 10 MHz	CH178 控制 10 MHz	CH180 业务 10 MHz	CH182 业务 10 MHz	CH184 业务 10 MHz

注 – 如果由于美国正在进行的监管程序而导致监管发生变化，则该频段计划可能需要修订。

技术特性

表 17

发射机特性

参数参数	值	
发射 3 dB 带宽 (MHz)	10 MHz	
功率(峰值) (dBm)	23-44.8 dBm e.i.r.p. (取决于使用的信道、RSU 或 OBE、政府或私营部门); 以及, 传输应只使用支持特定应用所需的功率	
发射频谱	衰减	ΔF
相对衰减 (dB) 作为中心频率的偏移频率的函数(ΔF) (MHz))	见图 29	见图 29
数据速率	6 Mb/s	

表17（完）

参数	值	
调制参数	调制 QPSK	编码速率 1/2
方位离轴天线方向图	车辆 – 全向（360°）；扇形天线有时与基础设施 WAVE 发射机天线共同使用	
仰角离轴天线方向图	-6 到 +10 度 – 车辆基础设施 – 依赖于实施	
天线高度（米）	1.5-15 米	
天线极化	主要垂直（一些右旋圆）	

表 18

美国5850-5925 MHz 频段最大STA发射功率类别

STA发射功率类别	最大 STA 发射功率 (mW)	最大允许的 e.i.r.p. (dBm)
A	1	23
B	10	33
C	100	33
D	760 注意，对于此类别，只要天线输入的功率电平降低到这个电平，并且满足发射掩模的规格，就允许更高的功率。	非政府：33 政府：44.8

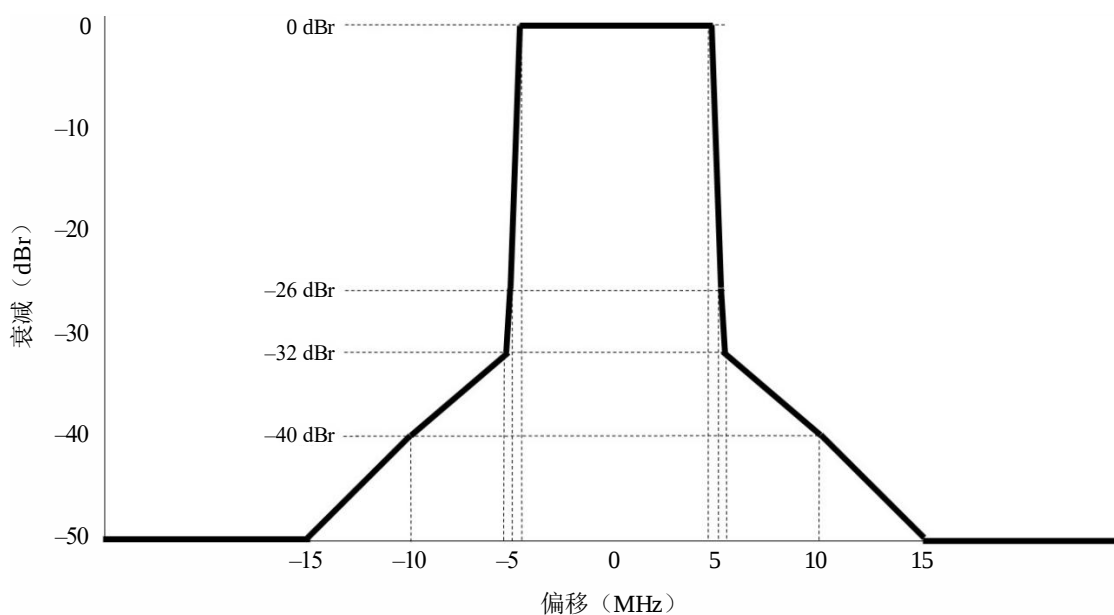
表19

10 MHz信道间隔的频谱掩膜数据

STA 发射功率类别	允许的功率谱密度 (dBr)				
	±4.5 MHz 偏移 (±f1)	±5.0 MHz偏移 (±f2)	±5.5 MHz偏移 (±f3)	±10 MHz 偏移 (±f4)	±15 MHz偏移 (±f5)
A 类	0	-10	-20	-28	-40
B 类	0	-16	-20	-28	-40
C 类	0	-26	-32	-40	-50
D 类	0	-35	-45	-55	-65

图 29

10 MHz OBE发射的发射频谱掩膜（C类）



4.2.3.3 日本ITS连接

背景

在日本，ITS连接使用755.5-764.5 MHz。中心频率为760 MHz。如果ITS连接可被用于另一个国家，而被指配的频段低于1 GHz，NLOS/LOS上的通信距离性能与760 MHz相似，系统可提供类似的道路安全和环境效果。

技术特性

ITS连接使用路边单元（RSU）和车上设备（OBE）来配置。ITS连接的基本功能如下：

- 传递和交换有助于减少交通事故的数量的信息。
- 传递和交换有助于协助进行安全驾驶的信息。
- 传递和交换有助于交通畅通的信息。

OBE被安装在车内。OBE执行与RSU或其他OBE的无线电通信。OBE的无线电设备由发射机、接收机、控制器、天线等。OBE发送车辆信息（例如位置、速度、方向等）。OBE接收来自其他OBE和RSU的信号。这样，车辆可以知道其他车辆的位置和情况，可以为驾驶员提供充分信息或行为，以协助安全驾驶。

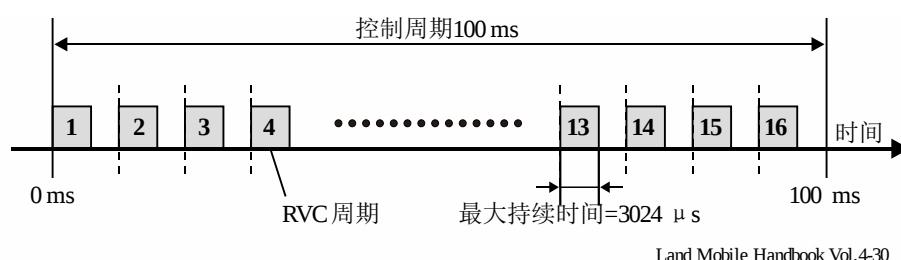
RSU执行与OBE或其他RSU的无线电通信。RSU的无线电设备由发射机、接收机、控制器、天线等构成。RSU安装在路边（主要是交叉路口）。基础设施到车辆（I2V）的用例之一是广播交通信号信息。对于这一用例，RSU连接至交通信号控制中心。I2V的另一个用例是，

在安装RSU的交叉路口，当有行人穿过路口时，广播关于车辆和行人的信息。传感器检测车辆和行人，并且传感器将信息传送到RSU。

所有RSU和OBE共享一个射频信道。一个时隙被划分为V2V通信周期和I2V通信周期，这样RSU和OBE可以共享频段而不会互相干扰。图30给出了共享机制。RSU和OBE通常在一个100 ms的周期内进行通信。在图30中，RSU可使用灰色周期。如果RSU未使用所有3024微秒，OBE可将时间用于V2V通信。

图30

RSU发射周期



为了避免OBE到OBE传输之间的碰撞，使用CSMA/CA协议。

技术规范

ITS连接使用射频信道OFDM调试信号。占用的带宽是9 MHz或更少。大部分OFDM参数与IEEE 802.11p中的相同。表20中描述了调制和编码方法。数据传输速率为5 Mbit/s或更高。

表20

调制和编码方法规范

项目	参数
频段	755.5-764.5 MHz（单信道）
信道选择	不要求（固定）
纠错	卷积 FEC R=1/2, 3/4
调制	BPSK/OFDM、QPSK/OFDM、16QAM/OFDM

这些规则是为使用755.5-764.5 MHz z的ITS连接和相邻信道系统（LTE、数字电视、无线电话筒等）之间的共存而制定的。

接收灵敏度与IEEE 802.11p中描述的相同。在本系统中，选中10 MHz信道间隔中的BPSK、QPSK和16QAM。工作频段的发射功率平均为每1 MHz带宽10 mW以下。

4.2.3.4 韩国V2X通信技术

背景

韩国V2X通信国家项目车辆多跳通信（VMC）始于2007年。V2X通信技术的开发2主要旨在满足美国WAVE标准。

2009年启动了智慧高速项目，以开发OBE和RSE，并在从首尔收费站到水原IC之间进行了测试。2014年开始进行C-ITS试点测试，在高速公路、郊区和城市道路安装了3 000个OBE和79个RSE来对15个应用进行验证。

2016年，韩国科学技术信息通信部将5.855-5.925 GHz频段指定给C-ITS应用和技术规范。2018年，土地、基础设施与交通部决定在首尔和济州岛的高速公路部署C-ITS系统。

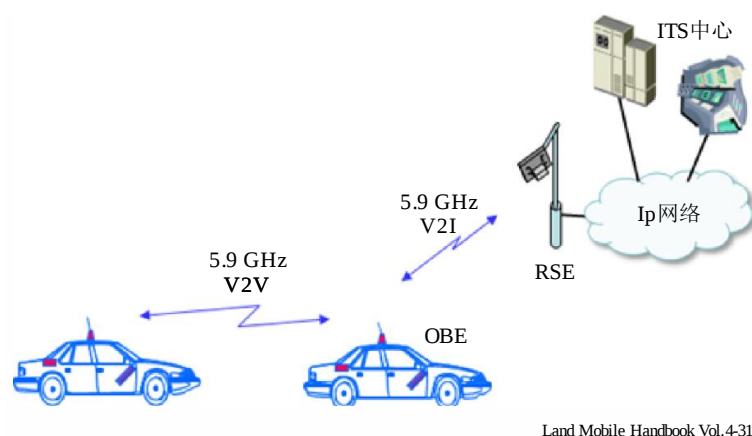
技术特性

韩国V2X通信系统将5.9 GHz专用频段用于C-ITS和车辆安全应用。该系统在V2V和V2I通信中支持1 km无线电覆盖和100 ms时延。

韩国V2X通信系统可使用1个控制信道和六个业务信道。控制信道被用于建立初始链路连接或传输安全相关消息，必须支持惰性到操作，以便在控制信道和业务信道之间进行物理信道切换。

图 31

V2X通信系统配置



技术规范

表21
V2X通信规范

项目	规范
频段	5.855~5.925 GHz（7 个信道）
信道带宽	10 MHz
时延	少于 100 ms
调制	OFDM (BPSK、QPSK、16QAM、64QAM)
数据速率	3、4.5、6、9、12、24、27 Mbit/s
MAC	CSMA/CA
频段	5.855~5.925 GHz（7 个信道）

4.2.3.5 巴西的ITS

巴西认为，城市、农村和公路环境中连接至移动通信网络的车辆连接解决方案的出现非常重要。这些解决方案发送和接收数据和信息，以帮助交通驾驶、改善交通状况和实施车辆的预防性维护。

巴西限制性辐射无线电通信设备合格评估的技术要求条例中包含对ITS通信的要求。这些设备包括车辆之间以及车辆与道路基础设施之间的数据通信系统。巴西ITS使用的特性是基于ETSI EN 302 571标准，涵盖了在5855-5925MHz频段工作的无线电通信设备的使用，分成10 MHz的各块。

表22
巴西ITS频段规划

信道号	频率范围 (MHz)
1	5855-5865
2	5865-5875
3	5875-5885
4	5885-5895
5	5895-5905
6	5905-5915
7	5915-5925

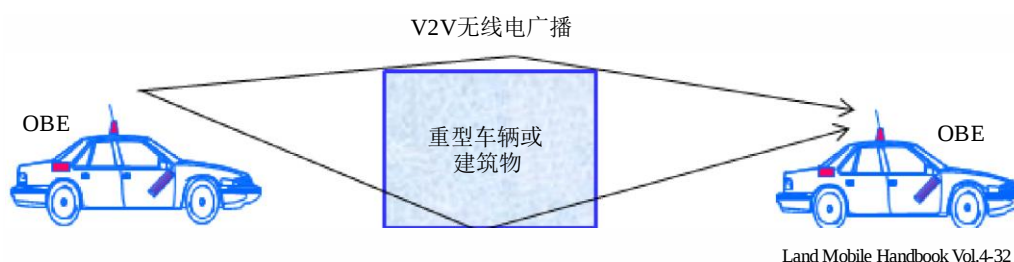
对于使用5.9 GHz频段的V2V和V2I通信，最大EIRP功率为23 dBm（200 mW）。对于车辆到基础设施的高功率通信，允许的最大EIRP功率为26dBm（400 mW）。5-7信道仅限交通和车辆安全应用使用。

4.2.4 无线传播特性

先进ITS无线电通信同时拥有V2V和V2I无线电信道。V2V和V2I无线电信道必须虑及不同环境，例如：城市、农村和公路。V2V无线电信道可能具备LOS或NLOS衰落特性，因为在城市区域存在无线电阻塞，例如大客车或建筑物。实际上，V2V无线电信道具有时延扩展和多普勒频移的NLOS多径衰落信道。

图32

NLOS V2V无线电信道



时延扩展是指时域中到达的无线电信号的时延统计，而多普勒频移是指在频域中对到达的无线电信号的频移统计。时延扩展由无线电范围决定，多普勒频移则取决于相互通信的两辆车的相对速度。

已对5.9 GHz V2X通信进行了V2V无线电信道研究，测试了在1 km无线电覆盖范围、108 km/h车速条件下的时延扩展和多普勒频移。

时延扩展小于1.5 μ s，最大的多普勒频移约为1.53 kHz。表23显示了城市、农村和公路环境中的时延扩展和多普勒频移。

表23

V2V无线电信道特性

无线电信道参数	城市	农村	公路
最大时延扩展 (μ s)	0.6	1.5	1.4
多普勒频移 (kHz)	0.583	1.11	1.53

4.3 蜂窝V2X通信

4.3.1 引言

蜂窝通信是双向通信，在广泛的区域内提供用户应用，具备多小区结构体系，支持人类语音、数据和视频。蜂窝通信在数据速率和时延方面的性能不断改进。

第一代（1G）蜂窝技术只通过FDMA提供人类语音，第二代（2G）蜂窝技术可使用数字无线电接入方案（例如TDMA和CDMA）提供数字语音和数据。第三代（3G）蜂窝技术可使用CDMA来提供数字语音、数据和视频通信。第四代（4G）蜂窝技术可使用OFDMA提供基于All-IP的多媒体。还有，还有尖端的第五代（5G）蜂窝技术可通过使用新无线电（NR）接入技术提供3D多媒体。

在第4代蜂窝通信标准中开发了LTE V2X和LTE eV2X，为诸如车辆安全和自动驾驶等ITS应用提供V2X连接。它们可被用于为IT应用设置专用连接网络，具备以下技术特征：

- 使用V2I、V2V和V2P连接的分组数据通信
- 500 km/h高移动性的可靠通信
- 分布式访问和中心式访问。

表24

蜂窝通信技术的特性

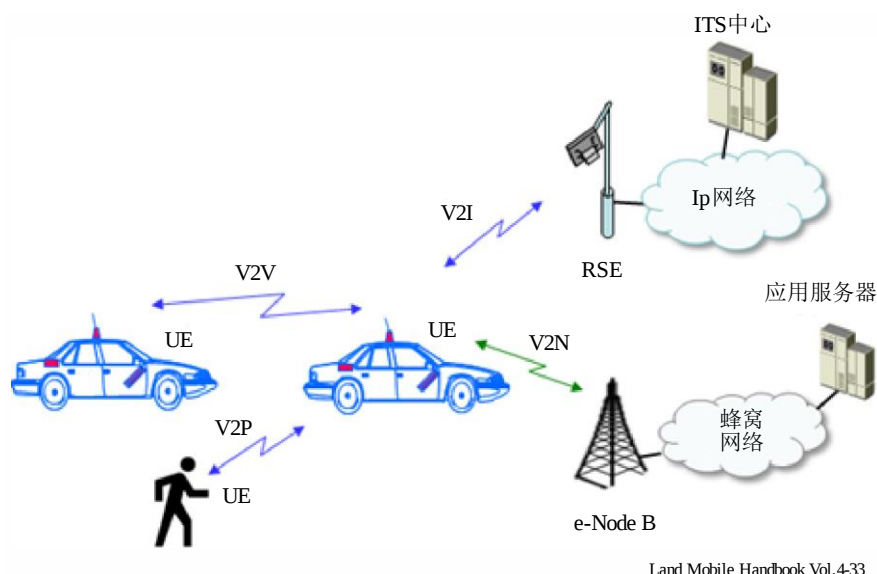
项目	1G	2G	3G	4G	5G
无线电接入标准	模拟 AMPS	数字 (GSM、CDMA)	IMT-2000 (WCDMA)	IMT Advanced	IMT-2020
无线电接入方法	FDMA	TDMA, CDMA	CDMA	OFDMA	可扩展的基于 OFDM 的参数集 (numerology)
最大数据速率	—	64 kbit/s	2 Mbit/s	100 Mbit/s	10 Gbit/s
帧大小	20 ms	20 ms	10 ms	5 ms	1 ms
应用	模拟语音	数字语音、数据	数字语音、 数据、视频	基于 IP 的 多媒体	宽带、 海量物联网、 ULCC

4.3.2 系统配置

LTE V2X和eV2X蜂窝通信网络由用户设备（UE）、基站e-Node B和路边设备（RSE）。UE可提供V2V、V2P、V2I和V2N。V2I通过RSE提供到ITS专用网络的连接。V2N通过e-Node B提供到应用的服务器的连接。

图33

蜂窝V2X通信系统



在V2V、V2I和V2P应用案例中，用户设备（UE）可以在一个专门的分布式V2X对等通信安排中连接。如果这样的话，使用的频段将与推荐用于ITS应用的5.9 GHz频段协调。

V2N连接由蜂窝运营商提供，其频段由蜂窝运营商管理。从第1代到第4代蜂窝技术的无线电频率为450 MHz、800 MHz、10.8 GHz和2.1 GHz，而第5代蜂窝技术可使用3.5 GHz和28 GHz毫米频段。

因此，基于LTE的V2X支持依赖或不依赖蜂窝网络覆盖或部署的工作场景。在具体的通信技术方面，基于LTE的V2X包含两个接口（如图34所示），分别被称为Uu接口（蜂窝通信接口）和PC5接口（直接通信接口）。当支持基于LTE的V2X服务的终端设备（如车载终端、智能收集或RSU）被蜂窝网络覆盖时，Uu接口可在蜂窝网络中使用。无论是否存在蜂窝网络覆盖，PC5接口都可以用于V2X通信。V2X服务的这一相互支持的接口组合提供了通信选择，取决于具体V2X应用的通信要求，包括例如时延、范围和可靠性要求。

PC5接口

基于LTE-D2D技术的PC5接口机制设计已在许多方面得到了改进，以支持V2X消息（尤其是V2V消息）的广播、快速变化的动态情况（例如位置、速度和驾驶方向）的交换，以及可能的未来自动驾驶应用，包括车辆编队和传感器分享。

物理层得到增强，以支持在高频段的高达500 km/h的相对移动速度，并解决高多普勒频扩和快速时变信道的问题。

为确保通信性能，基于LTE的V2X接收机和发射机需要在通信期间相互同步。C-V2X使包括GNSS、基站和车辆在内的不同来源的同步得以实现。终端可以通过网络控制或检索预

先配置的信息获得最优同步源，从而实现可能的全网同步。不仅如此，基于LTE的V2X支持最优同步源的动态维护，允许终端及时选择优先级最高的源进行时钟同步。

作为基于LTE的V2X的核心关键技术，PC5接口支持调度式的资源分配方式（Mode-3）和自主式的资源分配方式（Mode-4）。此外，基于LTE的V2X采用集中-分布相结合的拥塞控制机制，能够显著地提高在高密度场景中接入系统的用户的数量，但每个用户分配的访问频率更低。

Uu接口

为了更好地匹配V2X业务的特征，Uu接口的上行链路、下行链路和多接入边缘计算（MEC）都得到了增强。

上行链路传输支持基于业务特征的多路半静态调度，在高业务传输可靠性的前提下，极大降低了上行链路的调度时延。下行链路传输的特性是小范围广播、低时延单一小区点到多点（SC-PTM）传输，以及V2X业务本地通信的多播/广播单频网（MBSFN）。此外，基于LTE的V2X支持核心网元的本地化部署和定义V2X业务的服务质量（QoS）参数，以确保业务传输性能。

MEC已被集成进基于LTE的V2X中，以支持需要超低时延和超可靠的传输的车联网（IOV）业务（例如自动驾驶和实时高分辨率地图下载）。目前，欧洲电信标准化协会（ETSI）和3GPP已共同启动了一个重点项目，研究MEC的整体框架、用户平面选择、服务卸载、移动性、服务连续性和网络能力开放性。

4.3.3 技术特性

背景

基于LTE的V2V设备到设备的直接链路通信，如Release 14中所规定的，是基于D2D通信的，在3GPP Release 12和Release 13中定义为ProSe（邻近业务）业务组成部分。作为ProSe业务的组成部分，Release 14中推出了新的D2D接口，并针对车辆使用案例进行了增强，特别针对高速（相对速度高达500 km/h）和高密度连接场景¹⁴。已对LTE-V2V PC5做出了必要修改。

- 已添加额外的DMRS符号，以处理与高达500 km/h的相对速度和高频（主要目标是5.9 GHz ITS频段）相关的高多普勒频移。
- 指定调度任务的安全和资源来增强高密度场景下的系统电平性能同时满足V2V的低时延要求。

引进了分布式调度（Mode 4），这是使用半持久传输的传感机制。

¹⁴ 见3GPP规范 #：36.785 – 基于LTE的车到车（V2V）业务；用户设备（UE）无线电传输和接收。

技术特性

3GPP “基于LTE的V2X业务”¹⁵规定了启用具有LTE上行链路和下行链路的V2X业务所需的、使LTE PC5接口支持额外的V2X业务（如车辆到行人（V2P）），并支持更多使用LTE PC5的V2V业务操作场景的增强。尤其是，以下为该研究考虑的主要特点：

- 上行链路和PC5增强，使eNB能够快速改变半永久性调度（SPS），以适应V2X信息生成模式的变化
- 在下行链路和PC5中引入更短的调度周期，用于在时延要求内广播V2X消息
- 在PC5 mode 4中引进附加资源分配程序，以节约行人UE的能源。
- 引进高流量负载下工作的PC5拥塞控制
- 增强在GNSS或eNB覆盖之外操作的PC5同步
- 支持在多个载波上同时进行V2X操作。

V2X的PC5接口支持10 MHz或20 MHz信道中的QPSK和16QAM，峰值速率为41.472 Mbit/s。V2X的Uu接口重复使用现有的LTE Uu接口，因此是相同的调制方案和峰值速率。表25给出了技术特性。

表25
传输方案特性

项目	传输特性	
	Uu接口	PC5接口
操作频率范围	除频段 47 外，TS 36.101 中规定的所有频段都支持 Uu 接口的操作， 当与 PC5 结合使用时，Uu 接口频段为 频段 3: UL: 1 710-1 785 MHz DL: 1 805-1 880 MHz 频段 5: UL: 824-849 MHz DL: 869-894 MHz 频段 7: UL: 2 500-2 570 MHz DL: 2 620-2 690 MHz 频段 8: UL: 880-915 MHz DL: 925-960 MHz 频段 20: UL: 832-862 MHz DL: 791-821 MHz 频段 28: UL: 703-748 MHz DL: 758-803 MHz 频段 34: UL: 2-010-2-025 MHz DL: 2-010-2-025 MHz 频段 39: 1 880-1 920 MHz 频段 41: 2 496-2 690 MHz 频段 71: UL: 663- 698 MHz DL: 617-652 MHz	对于 Release 14， 频段 47: 5 855-5 925 MHz

¹⁵ 3GPP规范 #: 36.885

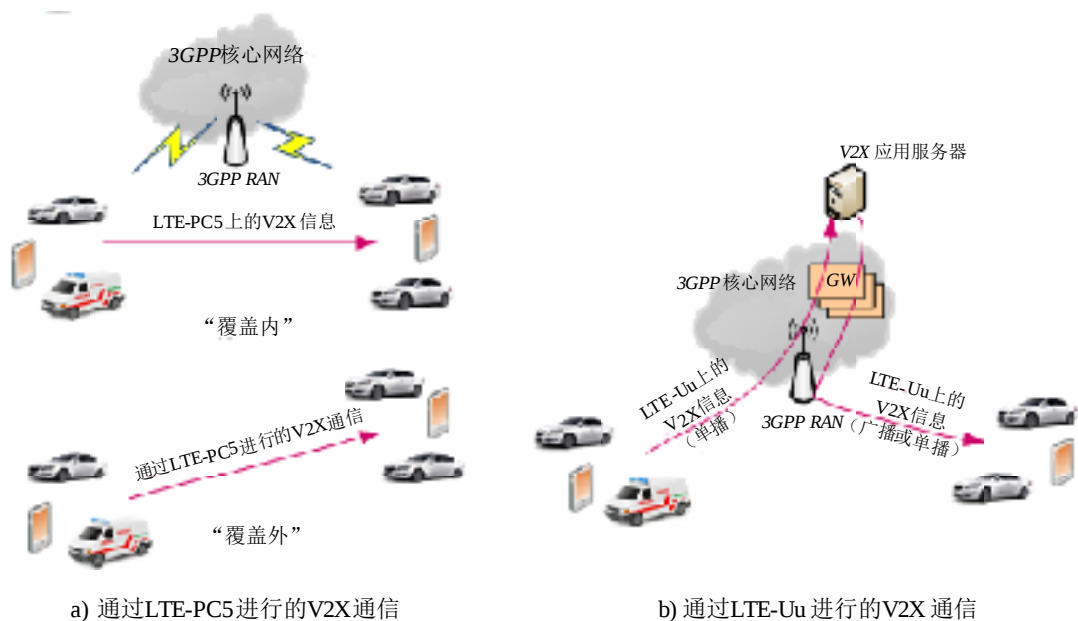
表25（完）

项目	传输特性	
	Uu接口	PC5接口
RF 信道带宽	每信道 1.4、3、5、10、15、或 20 MHz	每信道 10 或 20 MHz
RF 发射功率/EIRP	eNB: 最大 43 dBm UE: 最大 23 或 33 dBm	最大 23 或 33 dBm
调制方案	上行链路: QPSK SC-FDMA、16QAM SC-FDMA、64QAM SC-FDMA; 下行链路: QPSK OFDMA、16QAM OFDMA、64QAM OFDMA	QPSK SC-FDMA、16QAM SC-FDMA
前向纠错	卷积编码和 turbo 编码	卷积编码和 turbo 编码
数据传输速率	上行: 10 MHz 信道: 从 1.4 Mbit/s 到 36.7 Mbit/s 下行: 10 MHz 信道: 从 1.4 Mbit/s 到 75.4 Mbit/s	10 MHz 信道: 从 1.3 Mbit/s 到 15.8 Mbit/s
媒体接入控制	eNB 的集中式调度	集中式调度或分散式调度
双工方法	FDD 或 TDD	TDD

LTE无线电规范支持两个基于LTEV2X通信方法（PC5和Uu接口均支持），如下图34。当蜂窝网络为车辆提供覆盖时（在coverage-Uu接口中），或者当车辆在蜂窝网络覆盖之外时（PC5接口），接口通信支持直接链路传输。基于LTE的V2X在使用Uu接口时，支持单播和广播两种消息传输方式。

图34

通过PC5接口和Uu接口进行V2X通信



Land Mobile Handbook Vol.4-34

4.3.3.1 基于LTE的V2X

3GPP已完成Release 14基于LTE的V2X的标准化工作，主要包括业务要求、系统体系结构、空中接口技术和安全。

在业务要求方面，规范定义了27个V2V、V2I、V2P、V2N的用例以及对于基于LTE的V2X业务的业务要求，并为七个典型场景给出性能要求。在系统体系结构方面，该规范确定了基于通过PC5接口的邻近服务（ProSe）和通过Uu接口的LTE蜂窝通信的V2X业务支持的增强，并明确指出，这些增强至少支持通过PC5接口和LTE-Uu接口传输的V2X业务。在空中接口技术方面，规范明确了PC5接口的信道结构、同步过程和资源分配；PC5和Uu接口在同一载波和相邻载波中的共存；无线电资源控制（RRC）信令，以及相关的射频（RF）指标和性能要求，并探讨了Uu和PC5传输的增强，以支持基于LTE的V2X业务。此外，关于支持V2X业务的LTE体系结构增强的安全方面的研究已完成。

4.3.3.2 5G-V2X

5G V2X同时包括基于演进LTE的V2X（自Release 15起）和基于NR的技术。该5G V2X已被设计用于支持更先进的V2X业务场景。5G-V2X支持更先进的业务，并通过集成LTE能力考虑LTE-V2X增强。

LTE-eV2X代表了支持先进的V2X业务场景的增强技术的研究阶段（Release 15），旨在进一步提高设备到设备（D2D）模式的可靠性、数据速率和时延性能，并部分满足预期的未来V2X业务的需求。

技术规范（TS）22.886已为五个eV2X业务种类的25个用例定义了业务要求，包括基本要求、车辆编队、半自主/自动驾驶、延伸的传感器和远程驾驶。关于3GPP V2X规范第2阶段的正在进行的研究主要针对此类增强技术（例如载波聚合、发射分集、高阶调制、资源池共享、减少的时延和缩短的传输时间间隔）的可行性和益处。

对于NR-V2X，目前3GPP已批准一项研究，以根据TR 22.886的需要制定TR 38.913和TR 38.802仿真方法，包括仿真想定、性能指标和业务模型。研究涵盖6 GHz以上的旁链路信道模型。

4.3.4 无线电传播特性

5.9GHz频段的无线电传播与第4.2.4节的描述相同。

4.4 广域广播

4.4.1 引言

虽然广播技术在短距离内使用，例如PC5接口上的V2V安全应用，但广域广播技术是从基站到广域上支持用户的用户应用的单向通信，可支持人类语音、数据和视频。广播技术已从模拟广播到改善无线电性能的数字化演进。

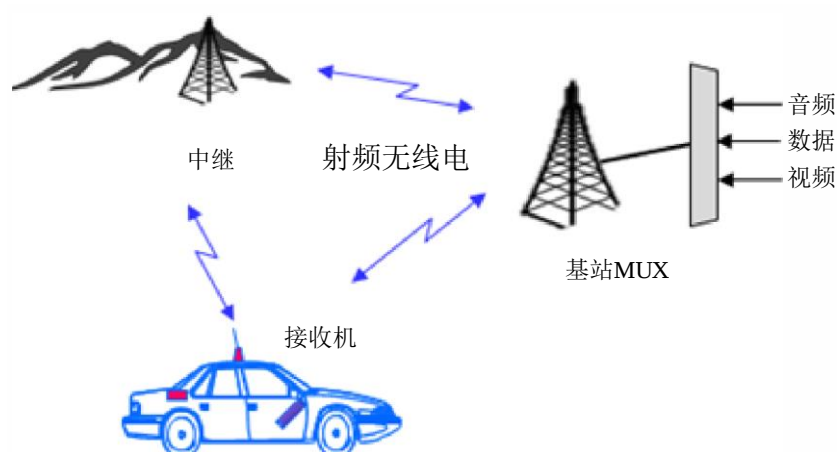
这一广播技术已经被用于特定ITS应用中，因为该技术可以支持ITS应用在广域内的单向通信。FM DARC和RDS是用于ITS应用的数据广播技术的例子。它们使用模拟FM频率发射的53-100kHz副载波。

DMB是一种数字多媒体广播技术，为便携式和车载用户提供多媒体服务。

4.4.2 系统配置

图35

广域广播系统配置



Land Mobile Handbook Vol. 4-35

4.4.3 技术特性

调频数据无线电信道（FM DARC）是一个调频复用广播系统，在现有的调频广播信道60~94 kHz中发送数字数据。FM DARC使用电平控制最小移频键控（LMSK）调制，对调频广播信道的多径干扰具有较强的抗干扰能力。它的最大数据速率为16 kbit/s。FM DARC可向ITS应用发送交通信息、MAP下载和差分GPS信息。它的好处是在广泛的无线电覆盖范围内提供数字分组数据。

数字多媒体广播（DMB）是一个数字电视广播系统，用于发送数字音频、视频。该系统由Eureka-147 DAB系统改造而来。Eureka-147 DAB是一个数字音频系统，采用分组数据和流媒体数据模式。T-DMB是一个地面DMB，采用MPEG-4编码和Reed-Solomon前向纠错编码技术来提供数字音频和视频信号。

4.4.4 无线电传播特性

调频广播无线电频率通常是87.5~108 kHz，具有广泛的无线电覆盖，最大达65 km。它利用刀刃效应¹⁶来接收发射的信号，即便是在NLOS无线电环境中。

¹⁶ https://www.its.bldrdoc.gov/fs-1037/dir-020/_2955.htm

4.5 毫米波通信

4.5.1 引言

电磁频谱的毫米波相当于30 GHz到300 GHz的射频，波长范围从10 mm到1 mm。毫米波的最重要的特性之一在于可以支持宽带传输，例如海量计算机数据、复用视频或宽带应用中继传输的语音信道。此外，毫米波设备是小型化的，装有小型高增益天线。

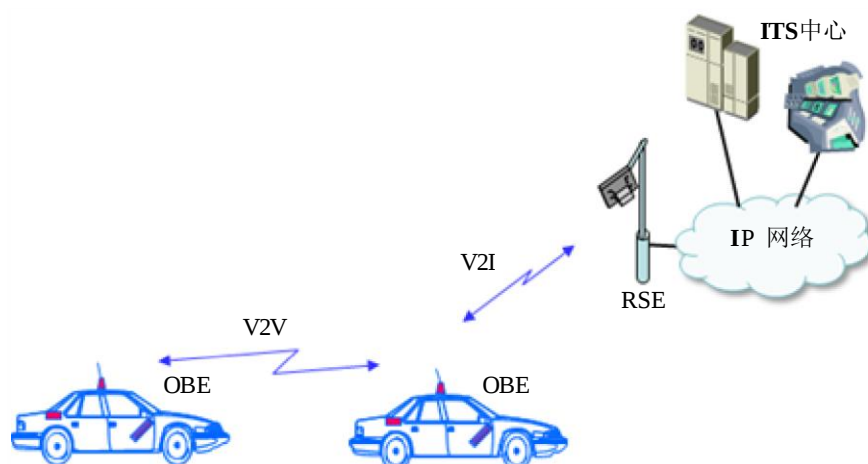
毫米波频率可被用于V2X通信或ITS应用的车载雷达。在一些司法辖区，毫米波V2X通信支持63-66 GHz频段特定类型的车到车或车到基础设施通信。

4.5.2 系统配置

毫米波V2X通信系统由车上设备（OBE）和路边设备（RSE）构成。OBE是车辆侧无线电单元，RSE是路边侧无线电单元，与DSRC通信相同。

图 36

毫米波V2X通信系统



4.5.3 技术特性

毫米波通信基本上被认为是视距（LOS）无线信道，因为它在NLOS环境中存在严重的传播损耗。它具有支持宽带传输的潜力，为ITS和车辆安全应用提供宽带和安全通信。毫米波V2X具有以下优点：

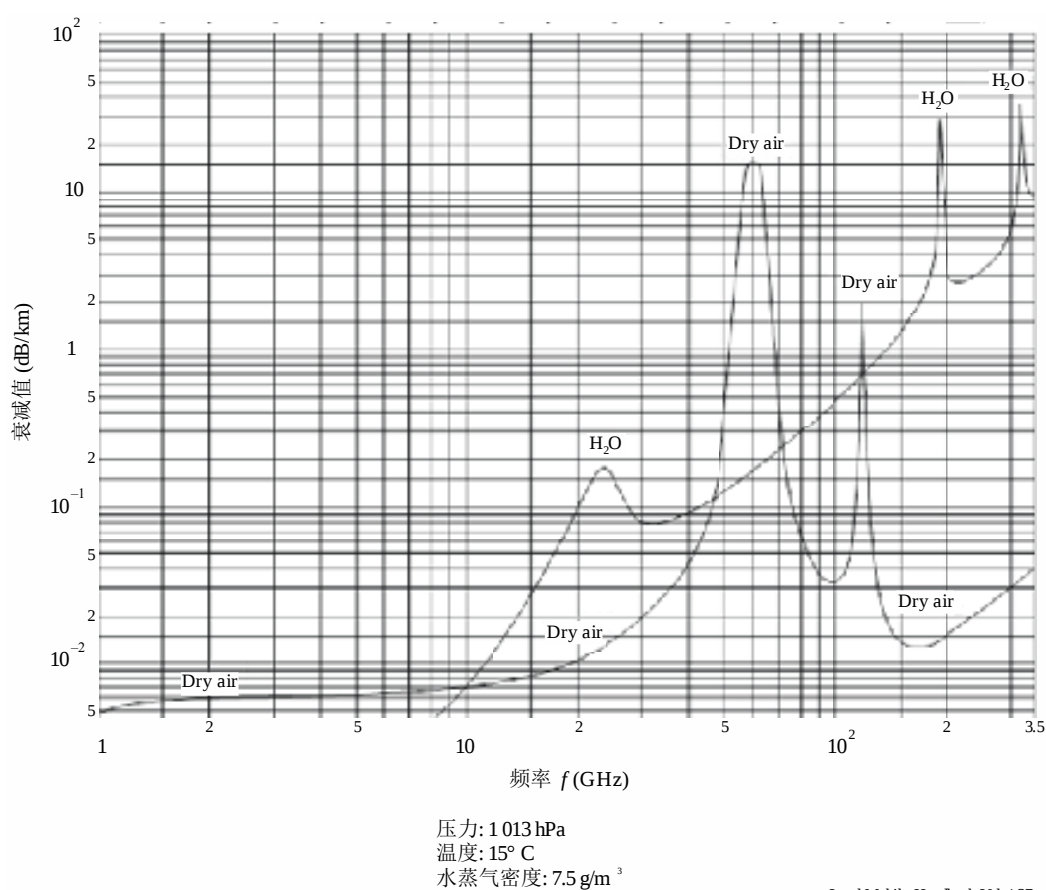
- 频带宽度宽，适用于高数据速率信息的传输
- 由于空气中衰减大，干扰的概率小
- 多径衰落小
- 由于天线增益高，发射功率小
- 由于频率更高，天线和设备尺寸小
- 高的方向性和空间分辨力。

4.5.4 无线电传播特性

60 GHz左右的频带最适合用于短程安全通信，诸如车辆与车辆通信和短程雷达，因为在60 GHz频率上，空气中的氧分子与电磁辐射发生相互作用，并且吸收所发射的能量，从而防止所发射的电磁波到达远方。它减轻了车辆通信中的干扰和对有效地利用无线电频率资源作出重要贡献。图37表示了由大气所引起的比衰减。当毫米波通过大气传播时，它被氧分子、水蒸气和其他气态的大气成分所吸收，就产生传输损耗。在与气体分子的机械谐振频率相一致的某些频率上，这些传播损耗是比较大的。在60 GHz附近，氧分子的吸收呈现峰值。

图37

大气气体造成的比衰减 (Rec. ITU-R P.676-3)



除了由于植被等引起的辐射、散射等以外，由于下雨和氧分子吸收引起的损耗，60 GHz频带上电磁波传播所经受的路径损耗要高得多。60 GHz频带的比衰减特性使得这一频带广泛地用于短距离小功率的免许可证的通信系统。

60 GHz毫米波频率可被用于某些类型的V2X通信。60 GHz射频具有无线电传播特性，在发射机和接收机之间的距离衰减损耗快。据报告，街道上的时延扩展值为20~50 ns，街道广场环境下的时延扩展值为150 ns或更多。

4.6 毫米波车辆和道路雷达

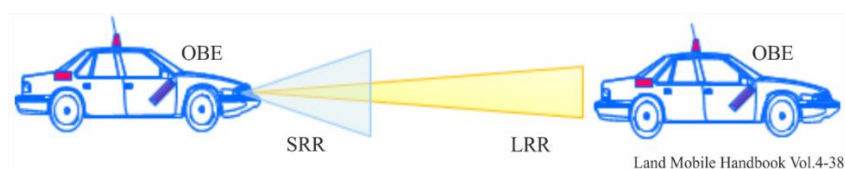
4.6.1 引言

毫米波车辆和道路雷达是一种用于监测车辆速度和距离的传感器技术。即使有超声波传感器、图像处理传感器、红外和激光雷达、微波雷达，毫米波雷达也具有在雨雪等恶劣天气条件下稳定探测目标的优势。毫米波雷达可应用于车辆侧或道路基础设施侧，分别被称为车辆雷达和道路雷达。

车辆雷达通常安装在车辆的前测和后侧，用于自适应巡航（ACC）和车辆碰撞预警。毫米波车辆雷达有两个类型：远程雷达（LRR）和近程雷达（SRR）。LRR有约200 m无线电距离，在76-77 GHz频段内天线波束较窄；SRR有约30m近距离，在22-29 GHz和77-81 GHz频段内天线波束较宽。

图38

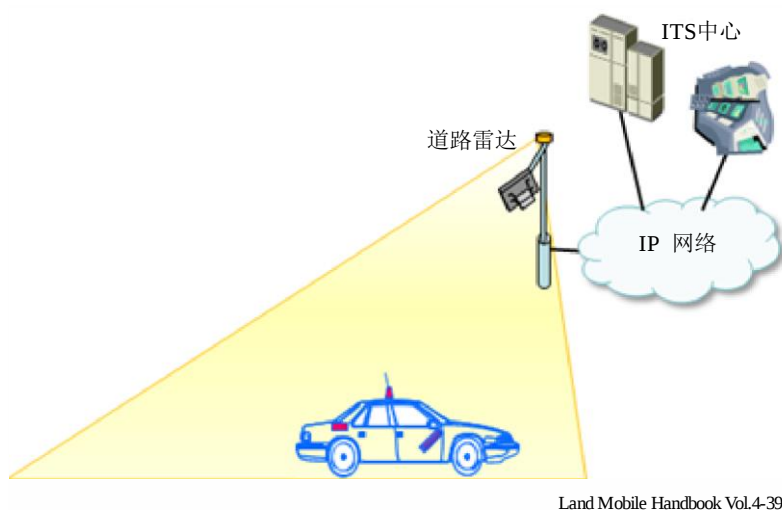
毫米波车辆雷达



道路雷达安装在道路基础设施侧，用于危险警告，例如道路作业警告或路口安全警告。毫米波道路雷达范围应为1 km，以有效监测道路情况。34 GHz道路雷达已被尝试用来支持提供道路意外情况警告。

图 39

毫米波道路雷达



4.6.2 系统配置

毫米波车辆和道路雷达有三个功能单元：天线和射频单元、信号处理单元和识别单元。

天线和射频单元：这一部分由发射天线、接收天线、接收设备和发射设备组成。信号调制、变换到高频、无线电波发射和无线电波接收在这一部分中处理。这一部分也可以配备几副天线和可以完成射束扫描。

信号处理单元：这一单元用计算从射频单元转送过来的信号的方法提取出距离和速度。有时，在这里处理平均距离和平均速度的提取和干扰的去除。当天线实现了射束扫描时，这一单元计算出所发现目标的方向。

识别单元：这一单元能够根据每一系统的需要，选择和安排最想要的的数据或必要的的数据。例如，该单元将识别出最危险的障碍物，并且能够判断出前面的车辆是否在行车道中。该单元偶然将收集到的数字取平均值，滤除干扰和提高测量精度和从其他传感器来的数据的可靠性。

4.6.3 技术特性

24GHz的低功率汽车雷达

今天，汽车雷达应用的频率分配正处于重建阶段。由于技术和商业限制，这些安全相关应用的频率分配在过去十年初是在24 GHz范围内进行。在欧洲，由于与射电天文业务、ESS、固定业务和军事应用不兼容，24 GHz UWB频段（21.65-26.65 GHz）的分配作为过渡解决方案执行。因此，2013年7月1日被定为到期日。在2011年7月，通过允许汽车制造商无缝实施79 GHz技术的ECC决定04(10)，ECC将针对频率范围缩小至24.25-26.65 GHz的传感器的到期日延长至2018年1月1日。过去几年中的技术发展带来这样一个事实，即通过类似的努力，今天可以达到更高的性能。

人们已注意到，24 GHz ISM频段（24.05-24.25 GHz）发挥着重要作用，尤其是对于平价汽车。由于该频段是一个ISM频段并且是全球协调的，因此24.05-24.25 GHz ISM频段汽车雷达可在世界各地使用，没有任何时间限制。

79 GHz（77-81 GHz）高分辨率近程汽车雷达

77-81 GHz频段已在许多国家被用于这类汽车雷达应用中。预计更多国家将在不远的将来执行WRC-15关于79 GHz汽车雷达的决定。

77-81 GHz频段已在2004年7月被CEPT指定用于汽车雷达应用（ECC/DEC/(04) 03）。同样的，欧盟委员会采纳了关于79 GHz（77-81 GHz）范围内用于汽车雷达的无线电频谱的协调的决议2004/545/EC。协调标准EN 302 264已被ETSI采纳，用于在77-81 GHz频段工作的近程雷达（SRR）。

2010年3月，日本总务省（MIC）在信息通信理事会启动了一个研究组，研究在全国范围引进77-81 GHz频段的高分辨率雷达。这一活动的成果是，78-81 GHz频段在2012年12月被分配给车辆雷达。

2010年10月，俄罗斯联邦将77-81 GHz频段确定给车辆雷达。

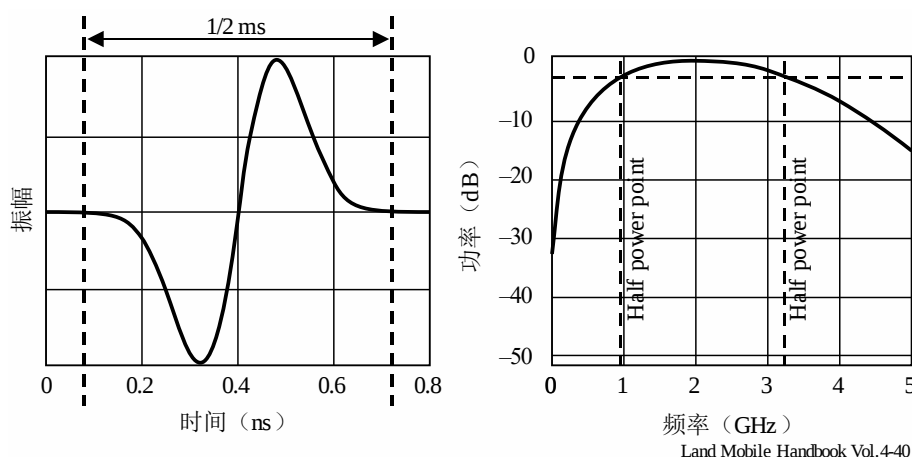
超宽带（UWB）雷达

通常，将UWB定义为它的相对带宽大于中心频率的20%或者频谱的10 dB带宽占用500 MHz或更宽频带的无线电信号。

UWB一开始使用了很窄的或持续期短的脉冲，这导致很大或宽频带的传输带宽（参见图40）。对于汽车雷达，脉冲UWB技术逐步被无需短时脉冲的极宽频啁啾（调频连续波 = FMCW或脉压雷达）取代。用适当的技术标准，USB器件可以使用现有的无线电业务所占有的频谱工作，不产生干扰，因此，它使得稀有的频谱资源有可能更有效地利用。

图40

UWB单周期时间和频域
(UWB, “一个可能的标准领域 (A possible area for standards)”, FCC GSC 8文稿)



车载雷达

关于功能和安全要求，在76-81GHz频段工作的汽车雷达系统可分为两个类别：

- **1类：**自适应巡航控制（ACC）和防撞（CA）雷达，测量距离达300米。对于这些应用，需要最大为1 GHz的连续带宽。此类雷达被认为是为驾驶员增加额外的舒适功能，为更无压力的驾驶提供支持。
- **2类：**高分辨率应用（例如盲点侦测系统（BSD）、变道辅助（LCA）和后方横向来车警示（RTCA））的传感器，检测车辆附近的行人和自行车，测量距离达100米。对于这些高分辨率应用，需要的必要带宽是4 GHz。此类雷达直接增加了车辆的和主动安全，因此对改善交通安全有不可或缺的益处。

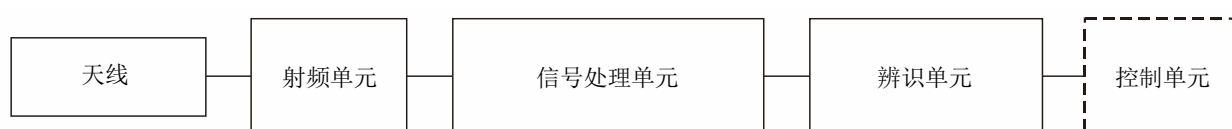
取决于雷达传感器的数量和它们在车辆上的安装位置，它们可以检测扇形区域内甚至车辆整个周边的物体。传感器信号不仅是ACC等驾驶员辅助系统的基础，也是大量主动和被动车辆安全应用的基础。

监测与车辆的邻近程度的系统将在确保驾驶安全方面发挥重要作用。高分辨率汽车雷达对于自动驾驶车辆来说是一个关键的传感器工具。凭借其对恶劣天气和灰尘的抵抗力，汽车雷达适用于在恶劣条件下行驶的车辆。

图41给出了车辆雷达的配置。

图41

车辆雷达的配置



Land Mobile Handbook Vol.4-41

子系统如下：

- 天线/射频单元

这一部分由发射天线、接收天线、接收设备和发射设备构成。该部分处理信号调试、高频转换、无线电波发射和无线电波接收。该部分配备有若干天线，可执行波束扫描。

- 信号处理单元

本单元通过计算从射频单元传来的信号来显示距离和速度。有时也处理平均距离和速度渲染和干扰抑制。当天线执行波束扫描时，本单元计算所检测物体的距离。

- 辨识单元

本单元可根据每个系统的需要选择和安排最想要或最需要的数据。例如，单元可识别最相关的物体，能够判断前方车辆是否在车道内。本单元偶尔对收集到的数字进行平均，过滤干扰，并通过追踪物体和将数据与来自其他传感器的数据融合来提高测量准确度和数据可靠性。

道路事故检测系统雷达¹⁷

韩国部署的事故检测服务通过使用雷达传感器的实时和自动检测系统，使车辆驾驶员能够收到突发路况的实时信息（障碍物、停驶和错道车辆、结冰路面等），从而防止突发事故。该系统还提供雷达船帆器1 km范围内的交通信息，支持驾驶员在暴雨和大雾天气中通过事件检测系统接收实时信息。

¹⁷ 无证无线电设备技术规则：大韩民国科学技术信息通信部，2014-57通知，2014.9.30；17号文章：路面信息检测雷达。

图42

事件检测道路雷达



Land Mobile Handbook Vol.4-42

表26给出了34 GHz事件检测雷达的特性。

表26

道路雷达系统

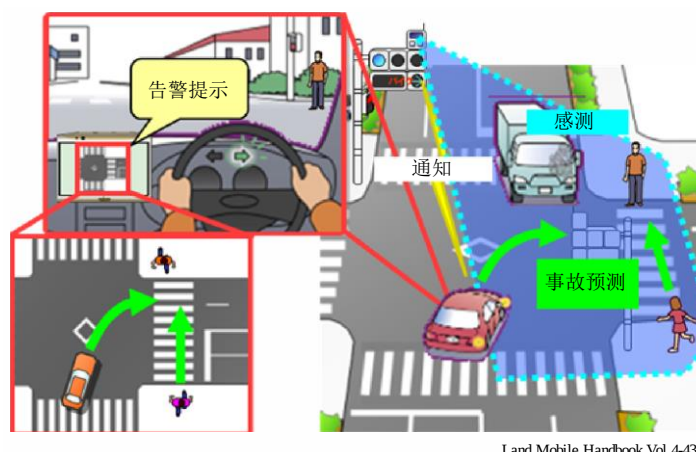
特性(参数)	值
操作特性	
应用/业务	道路事故检测系统
典型安装	路边杆（或架）
技术特性	
最大范围	1000 m
频率范围	34.275-34.875 GHz
指定带宽（典型）	最大 600 MHz
峰值功率（e.i.r.p）	最大 +55 dBm
平均功率（e.i.r.p）	最达 +45 dBm

协同驾驶支持雷达

日本正在开发和部署用于交叉口安全的协同驾驶支持系统。该系统由作为路边传感器的毫米波雷达构成，用于探测行人、骑自行车的人和驶入交叉口的车辆。路边传感器通常安装在与具有宽视野的交通信号大致相同的高度。该系统还通过使用ITS无线电通信提醒驾驶者注意潜在的危险。

图 43

协同驾驶支持



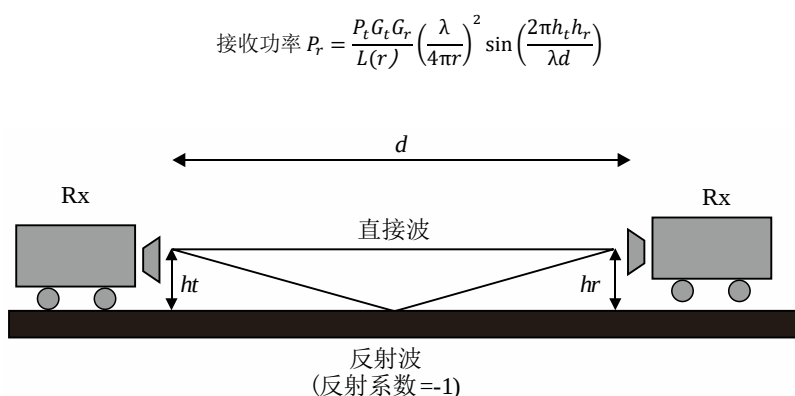
Land Mobile Handbook Vol.4-43

4.6.4 无线电传播特性

使用在直接波和来自道路表面的反射波之间的两射线传播模型来估计毫米波的传播特性。图45是两射线传播模型的示意图。在这一模型中，接收功率 P_r 以图中所列出的表示式近似表示，其中 P_t 是所发射的功率， G_t 和 G_r 分别为发射机和接收机上的天线增益， $L(r)$ 是氧气的吸收系数， λ 是波长， r 是天线之间的距离， d 是天线之间的水平距离，而 h_t 和 h_r 分别为发射机和接收机的高度。在这一模型中，假设公路的反射系数为-1和天线的方向性忽略不计。假设氧分子的吸收损耗为16 dB/km。

图44

两射线传播模型

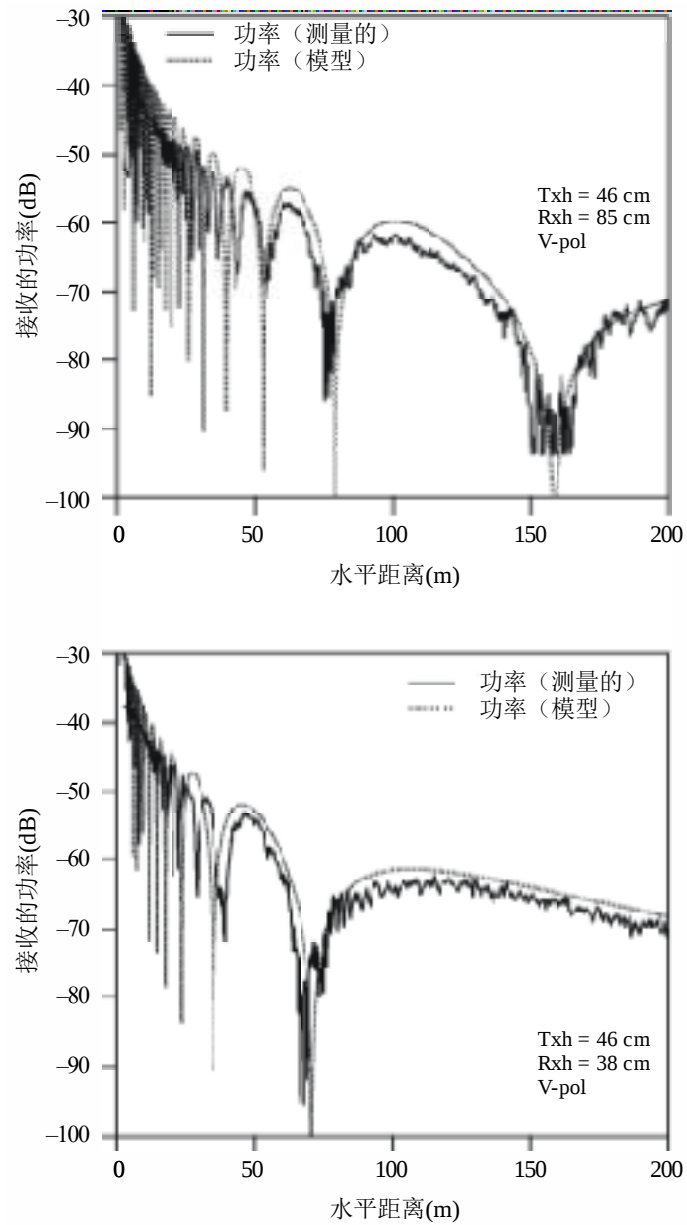


Land Mobile Handbook Vol.4-44

图45表示了接收功率的测量结果。水平轴代表车辆之间的距离。测得的功率的结果和用两射线模型得到的结果相似。

图45

车辆之间的接收功率测量结果



Land Mobile Handbook Vol.4-45

第 5 章

标准

本章节描述了将无线电技术用于ITS应用的ITU-R和1、2和3区的行业标准。

5.1 DSRC标准

5.1.1 DSRC的全球标准

表27

ETC的全球标准

SDO	标准编号	标准名称
国际电联	ITU-R M.1453-2	智能运输系统 – 5.8 GHz 的专用短距离通信

5.1.2 1区的DSRC标准

ETSI标准定义了OBE和RSE设备，以及用于电子通行费征收的设备及其测试规范。

表28

欧洲ETC标准

SDO	标准编号	标准名称
ETSI	EN 300 674	道路交通和流量远程信息处理（RTTT）；工作于 5.8 GHz 工业、科学和医学（ISM）频带的专用短程通信（DSRC）传输设备（500 kbit/s / 250 kbit/s）
	ETSI EN 300 674-2-1	交通和交通流量远程信息处理（TTT）；工作于 5.8 GHz 工业、科学和医学（ISM）频带的专用短程通信（DSRC）传输设备（500 kbit/s / 250 kbit/s）；第 2 部分：涵盖 2014/53/EU 指令第 3.2 款的基本要求的协调标准；第 1 分部分：路边单元（RSU）
	ETSI EN 300 674-2-2	交通和交通流量远程信息处理（TTT）；工作于 5.8 GHz 工业、科学和医学（ISM）频带的专用短程通信（DSRC）传输设备（500 kbit/s / 250 kbit/s）；第 2 部分：涵盖 2014/53/EU 指令第 3.2 款的基本要求的协调标准；第 2 分部分：车上单元（OBU）
	TS 102 486	DSRC 传输设备测试规范

5.1.3 2区的DSRC标准

虽然希望在整个北美地区实施一个通用标准和统一的互操作性¹⁸，但目前不同区域采用不同的专有路边和车辆技术用于电子通行费征收。这些技术不能直接互操作，因此需要多个收发器来实现跨这些不同区域的电子通行费征收，数据交换协议用于在区域内提供有限的互操作性。长期来看，联网汽车技术有望使电子通行费征收融合到一种或多种基于自愿行业标准的技術中。

5.1.4 3区的DSRC标准

DSRC标准定义了OBE和RSE之间的无线电接入，及其对电子通行费征收的测试规范。

表29

亚太ETC标准

SDO	标准编号	标准名称
TTA	TTAS.KO-06.0025/R1	5.8 GHz 频段路边单元与车上单元之间的 DSRC 无线电通信标准
	TTAS.KO-06.0052/R1	5.8 GHz 频段 DSRC L2 测试规范
	TTAS.KO-06.0053/R1	5.8 GHz 频段 DSRC L7 测试规范
ARIB	STD-T75	专用短程通信（DSRC）系统
SAC（中国国家标准化管理委员会）	GB/T 20851.1-2007	电子收费 – 专用短程通信 – 第 1 部分：物理层
	GB/T 20851.2-2007	电子收费 – 专用短程通信 – 第 2 部分：数据链路层
	GB/T 20851.3-2007	电子收费 – 专用短程通信 – 第 3 部分：应用层
	GB/T 20851.4-2007	电子收费 – 专用短程通信 – 第 4 部分：设备应用
	GB/T 20851.5-2007	电子收费 – 专用短程通信 – 第 5 部分：物理层主要参数测试方法
IMDA TSAC	IMDA TS DSRC	智能交通通信系统中的专用短程通信技术规范

¹⁸ <https://www.ibtta.org/sites/default/files/documents/Interoperability/IBTTA%20White%20Paper%20Toll%20Interoperability%20September%202016.pdf>

5.2 先进ITS无线电通信标准

表30

国际电联建议书和报告

SDO	文件编号	名称
国际电联	ITU-R M.1890 建议书	先进智能交通系统的操作无线电通信目标和要求
	ITU-R M.2228 报告	先进智能交通系统（ITS）的无线电通信
	ITU-R M.2084 建议书	用于智能交通系统应用的车与车和车与基础设施通信的无线电接口标准

5.2.1 1区的ITS G5标准

ITS G5标准定义了ITS V2X应用的用户需求、系统架构和各层规范。

表31

欧洲的先进ITS无线电通信标准

SDO	标准编号	标准名称
ETSI	TS 102 637 系列	智能交通通信系统（ITS）；车辆通信；基本应用程序集
	EN 302 637-2	ITS-车辆通信；基本应用程序集；第 2 部分：协同感知基本业务规范
	EN 302 637-3	ITS-车辆通信；基本应用程序集；第 3 部分：分散式环境通知基本业务规范
	EN 302 665	智能交通通信系统（ITS）；通信体系结构
	TS 102 636 系列	智能交通通信系统（ITS）；车辆通信；地理网络；
	EN 302 636-4-1	智能交通通信系统（ITS）；车辆通信；地理网络；第 4 部分：点对点 and 点对多点通信的地理寻址和转发；第 1 分部分：与介质无关的功能
	TS 102 894-2	ITS-用户和应用程序要求，第 2 部分：应用和设备层通用公共数据字典。其他 ETSI TC ITS 标准使用的定义字典
	TS 102 890-3	ITS – 设备层功能；设备位置和时间管理
	EN 302 895	智能交通通信系统（ITS）；车辆通信；基本应用程序集；本地动态地图（LDM）

表31（完）

SDO	标准编号	标准名称
ETSI	TS 101 556-1	智能交通通信系统（ITS）；I2V 应用程序；电动汽车充电点通知规范
	TS 101 556-2	智能交通通信系统（ITS）；基础设施到车辆，第 2 部分：支持轮胎信息系统（TIS）和轮胎压力计（TPG）互操作性的应用程序要求的通信系统规范
	TS 101 539-1	ITS – V2X 应用程序，第 1 部分：道路危险信令（RHS）应用程序要求
	TS 101 539-3	ITS – V2X 应用程序，第 3 部分：纵向碰撞风险告警（LCRW）应用程序要求规范
	TS 102 792	智能交通通信系统（ITS）；避免欧洲 CEN 专用短程通信（CEN DSRC）收费设备和在 5 GHz 频段范围内工作的智能交通通信系统（ITS）之间的干扰的缓解技术
	EN 302 571	智能交通通信系统（ITS）；在 5 855-5 925 MHz 频段工作的无线电通信设备；涵盖 2014/53/EU 指令第 3.2 款的基本要求的协调标准
	EN 302 686	智能交通通信系统（ITS）；在 63 GHz 至 64 GHz 频段工作的无线电通信设备；涵盖 3 R&TTE 指令第 3.2 款的基本要求的协调标准 此标准正在修订中，以将更新的 63.72-65.88 GHz 频段纳入考虑，并涵盖 2014/53/EU 指令第 3.2 款的要求。
	EN 302 663	智能交通通信系统（ITS）；在 5 GHz 频段工作的智能运输系统的物理和媒体接入控制层的欧洲轮廓标准

5.2.2 2区的WAVE标准

WAVE标准定义了ITS V2X应用的用户需求、系统架构和各层规范。

表32

美利坚合众国先进ITS无线电通信标准

SDO	标准编号	标准名称
ASTM	E2213-03	路边和车辆系统之间的电信和信息交换标准规范 – 5 GHz 频段专用短程通信 (DSRC) 媒体接入控制 (MAC) 和物理层 (PHY) 规范
IEEE	IEEE 802.11-2016	无线局域网媒体接入控制 (MAC) 和物理层 (PHY) 规范
	IEEE 1609.0-2013	IEEE 的 WAVE 指南 – 体系结构
	IEEE 1609.2-2016	IEEE 的 WAVE 标准 – 应用程序和管理消息的安全业务
	IEEE 1609.3 -2016	IEEE 的 WAVE 标准 – 联网业务
	IEEE 1609.4-2016	IEEE 的 WAVE 标准 – 多信道操作
	IEEE 1609.11-2010	IEEE 的 WAVE 标准 – ITS 空中电子支付数据交换协议
	IEEE 1609.12-2016	IEEE 的 WAVE – 标识符分配
SAE	SAE J2735 March, 2016	专用短程通信 (DSRC) 消息集字典
	SAE J2945/1 March, 2016	V2V 安全通信车载系统要求

5.2.3 3区的先进ITS无线电通信标准

来自ARIB、CCSA、ITS信息通信论坛、ITS连接推进论坛、CCSA、IMDA TSAC和TTA。

表33

亚太先进ITS无线电通信标准、技术规范和导则

SDO	标准编号	标准名称
TTA	TTAS.KO-06.0175/R2	车辆通信系统阶段 1: 要求
	TTAS.KO-06.0193/R2	车辆通信系统阶段 2: 体系结构
	TTAS.KO-06.0216/R1	车辆通信系统阶段 3: PHY/MAC
	TTAS.KO-06.0479	车辆通信系统阶段 3: PHY/MAC (LTE-V2X)
	TTAS.KO-06.0234/R1	车辆通信系统阶段 3: 联网
	TTAK.KO-06.0242/R1	车辆通信系统阶段 3: 应用协议接口
	TTAK KO-06.0344	车辆安全指南的车载标识系统阶段 1: 要求
	TTAK KO-06.0344-Part 2	车辆安全指南的车载标识系统阶段 2: 数据交换

表33（完）

SDO	标准编号	标准名称
ITS 信息通信论坛	ITS FORUM GUIDELINES	– ITS 论坛 RC-008 驾驶员辅助通信系统操作管理指南 – ITS 论坛 RC-009 驾驶员辅助通信系统安全指南 – ITS 论坛 RC-010 700MHz 频段智能交通通信系统 – 扩展功能指南 – ITS 论坛 RC-013 700 MHz 频段智能交通通信系统 – 车辆间通信报文实验指南
ITS 连接推进论坛	ITS Connect TD-001	ITS 连接 TD-001 车辆间通信报文规范
ARIB	STD T109	700 MHz 频段智能交通通信系统
CCSA	YD/T 3400-2018	基于 LTE 的车联网无线通信技术
	YD/T 3340-2018	基于 LTE 的车联网无线通信技术空中接口技术要求
IMDA TSAC	IMDA TS DSRC	智能交通通信系统专用短程通信的技术规范

5.3 蜂窝V2X标准

LTE V2X标准定义了V2X通信和应用。

表34

与V2X相关的3GPP技术规范清单

标准编号	标准名称
	<核心网络和 UE 协议>
3GPP TS 22.185	V2X 业务的服务要求
	<核心网络和 UE 协议>
3GPP TS 23.003	编号、寻址和识别
3GPP TS 23.007	恢复程序
3GPP TS 23.008	订户数据的组织
3GPP TS 23.122	与空闲模式移动台站（MS）相关的非接入层（NAS）功能
3GPP TS 23.203	政策和收费控制架构
3GPP TS 23.285	V2X 业务架构增强
3GPP TS 23.303	邻近业务（ProSe）；阶段 2
3GPP TS 24.301	演进的分组系统（EPS）的非接入层（NAS）协议；阶段 3

表34（续）

标准编号	标准名称
3GPP TS 24.334	邻近业务（ProSe）到邻近业务（ProSe）的用户设备（UE）功能协议方面；阶段 3
3GPP TS 24.385	V2X 业务管理目标（MO）
3GPP TS 24.386	到 V2X 控制功能的用户设备（UE）；协议方面；阶段 3
3GPP TS 29.116	内容提供者与 BM-SC 之间在 xMB 参考点上的代表性状态传输
3GPP TS 29.212	政策和收费控制（PCC）；参考点
3GPP TS 29.272	演进的分组系统（EPS）；移动性管理实体（MME）和基于 Diameter 协议的服务 GPRS 支持节点（SGSN）相关接口
3GPP TS 29.388	到归属服务器（HSS）的 V2X 控制功能方面（V4）；阶段 3
3GPP TS 29.389	V2X 之间控制功能信令方面（V6）；阶段 3
3GPP TS 29.468	LTE 组通信系统使能器（GCSE_LTE）；MB2 参考点；阶段 3
3GPP TS 31.102	全球用户识别卡（USIM）应用程序特性
	<安全>
3GPP TS 33.185	V2X 服务的 LTE 支持的安全方面
	<设备性能要求>
3GPP TS 36.101	演进的通用陆地无线接入（E-UTRA）；用户设备（UE）无线电收发
3GPP TS 36.133	演进的通用陆地无线接入（E-UTRA）；无线电资源管理支持要求
	<物理层方面>
3GPP TS 36.211	演进的通用陆地无线接入（E-UTRA）；物理信道和调试
3GPP TS 36.212	演进的通用陆地无线接入（E-UTRA）；多路复用和信道编码
3GPP TS 36.213	演进的通用陆地无线接入（E-UTRA）；物理层程序
3GPP TS 36.214	演进的通用陆地无线接入（E-UTRA）；物理层；测量
	<媒体接入和无线电资源管理协议>
3GPP TS 36.300	演进的通用陆地无线接入（E-UTRA）和演进的通用陆地无线接入网络（E-UTRAN）；全面描述；阶段 2
3GPP TS 36.302	演进的通用陆地无线接入（E-UTRA）；物理层提供的服务

表34（完）

标准编号	标准名称
3GPP TS 36.304	演进的通用陆地无线接入（E-UTRA）；用户设备（UE）空闲模式程序
3GPP TS 36.306	演进的通用陆地无线接入（E-UTRA）；用户设备（UE）无线接入能力
3GPP TS 36.321	演进的通用陆地无线接入（E-UTRA）；媒体接入控制（MAC）协议规范
3GPP TS 36.322	演进的通用陆地无线接入（E-UTRA）；无线链路控制协议（RLC）协议规范
3GPP TS 36.323	演进的通用陆地无线接入（E-UTRA）；分组数据汇聚协议（PDCP）规范
3GPP TS 36.331	演进的通用陆地无线接入（E-UTRA）；无线资源控制（RRC）；协议规范
	<无线电接入网层面>
3GPP TS 36.443	演进的通用陆地无线接入网络（E-UTRAN）；M2 应用协议（M2AP）
3GPP TS 36.413	演进的通用陆地无线接入网络（E-UTRAN）；S1 应用协议（S1AP）
3GPP TS 36.423	演进的通用陆地无线接入网络（E-UTRAN）；X2 应用协议（X2AP）

5.4 广播标准

表35

广播标准清单

SDO	标准编号	标准名称
TTA	TTAS.KO-07.0035	地面数字多媒体广播系统；VHF DMB 到移动、便携式和固定接收机的交通和旅行信息服务传输规范
	TTAS.KO-07.0106/R1	DMB 到移动、便携和固定接收机的 TTI 差分 GPS 服务规范

5.5 毫米波通信和雷达

5.5.1 国际电联的毫米波汽车雷达标准

表36

毫米波汽车雷达全球标准

SDO	标准编号		标准名称
国际电联	建议书	ITU-R M.1452	用于智能交通系统应用的毫米波无线电通信系统
		ITU-R M.2057	76-81 GHz 频段中用于智能交通系统应用的汽车雷达系统特性
	报告	ITU-R M.2322	用于共用研究的 77.5-78 GHz 频段车载雷达的系统特性和兼容性
		ITU-R F.2394	在 71-76 GHz 和 81-86 GHz 频段中运行的固定业务中点对点应用与在 76-81 GHz 频段中运行的无线电定位业务的汽车雷达应用之间的兼容性

5.5.2 1区毫米波汽车雷达标准

表37

欧洲毫米波汽车雷达标准

SDO	标准编号	标准名称
ETSI	TR 101 983	用于 76 GHz 至 77 GHz 频段的无线电设备；在道路基础设施上安装短程雷达的系统参考文件
	EN 301 091 parts 1-2	短程设备；道路交通和流量远程信息处理（RTTT）；在 76 GHz 至 77 GHz 频段工作的雷达设备；
	EN 302 258 parts 1-2	短程设备；道路交通和流量远程信息处理（RTTT）；在 24.05 GHz 到 24.25 GHz 或 24.05 GHz 到 24.50 GHz 范围内工作的雷达设备
	EN 302 288 parts 1-2	短程设备；道路交通和流量远程信息处理（RTTT）；在 24 GHz 范围内操作的短程雷达设备
	EN 302 264 parts 1-2	短程设备；道路交通和流量远程信息处理（RTTT）；在 77 GHz 到 81 GHz 范围内操作的短程雷达设备

5.5.3 2区毫米波汽车雷达标准

表38

北美和南美毫米波车辆雷达标准

SDO	标准编号	标准名称
	ANSI C63.10-2013	
	FCC part 15.249	FCC 第 15 部分：第 15 部分 – 射频设备 在 902-928 MHz、2 400-2 483.5 MHz、 5 725-5 875 MHz 和 24.0-24.25 GHz 频段范围内操作
	FCC part 15.252	FCC 第 15 部分：第 15 部分 – 射频设备 15.252 在 16.2-17.7 GHz 和 23.12-29.0 GHz 频段内的宽带车载雷达系统的操作
	FCC part 95M	FCC 第 15 部分：第 15 部分 – 射频设备 在 15.253 46.7-46.9 GHz 和 76.0-77.0 GHz 频段内的操作
	FCC part 15.515	FCC 第 15 部分：第 15 部分 – 射频设备 15.515 车载雷达系统的技术要求

5.5.4 3区毫米波汽车雷达标准

表39

亚太毫米波车辆雷达标准

SDO	标准编号	标准名称
ARIB	STD-T48	专用低功率电台的毫米波雷达设备
	STD-T111	79 GHz 频段高分辨率雷达
IMDA TSAC	IMDA TS SRD	
	IMDA TS UWB	

第 6 章

应用的频率使用

本章节描述了用于ITS应用的无线电技术的射频分配。下表对射频分配进行了总结。

表40

ITS应用的射频频率使用

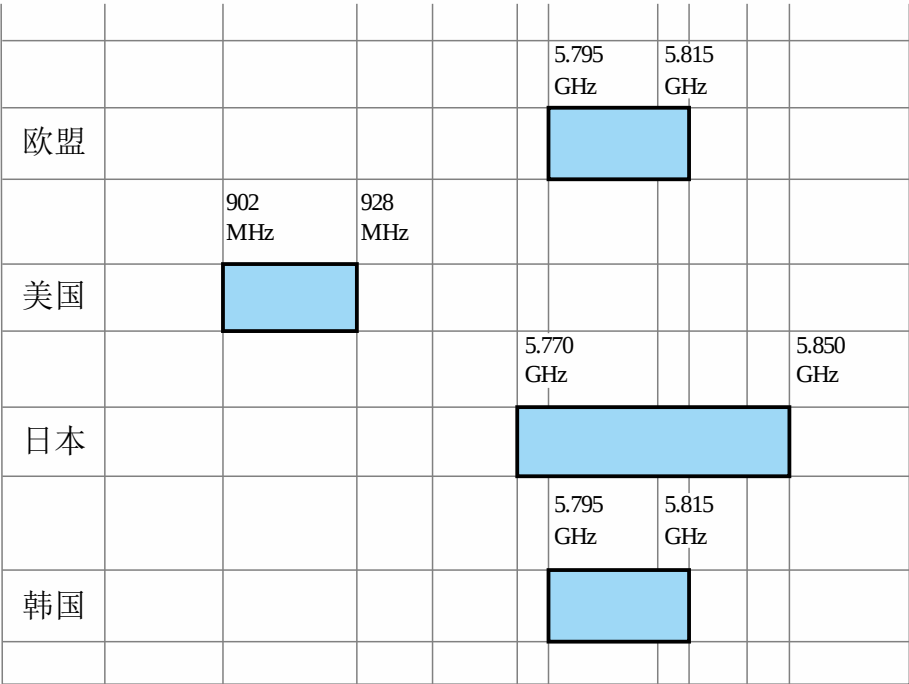
ITS的无线电技术	使用的频率
DSRC	900 MHz（只有 2 区的一些国家）、2.4 GHz、5.8 GHz
先进 ITS 无线电通信	760 MHz、5.9 GHz、63-66 GHz
FM 广播	74-90 MHz
车辆雷达	5.8 GHz、24 GHz、60 GHz、76 GHz、79 GHz
道路雷达	34 GHz

6.1 DSRC的频率使用

图46显示了欧洲、北美、日本和韩国DSRC使用的频段。除了北美的900 MHz 频段（902-928 MHz）之外，每个区域当前使用的频段都被协调为约是5.8 GHz工业、科学和医疗用频段。

图46

DSRC通信的频率使用



Land Mobile Handbook Vol.4-46

第4.1.3节描述了5.8GHz频段的DSRC的技术和特性概要，对ITU-R M.1453-2建议书 – 智能运输系统 – 5.8 GHz的专用短距离通信进行了补充。

6.2 先进ITS无线电通信的频率使用

图47显示了V2X通信专用频带。

图47

高级ITS无线电通信频率使用

							5.855 GHz	5.925 GHz	63.72 GHz	65.88 GHz
欧盟										
							5.850 GHz	5.925 GHz		
美国、加拿大										
							5.855 GHz	5.925 GHz		
巴西										
								5.905 GHz	5.925 GHz	
中国										
		755.5 MHz	764.5 MHz	5.770 GHz			5.850 GHz			
日本										
							5.855 GHz	5.925 GHz		
韩国										
							5.855 GHz	5.925 GHz		
新加坡										
							5.855 GHz	5.925 GHz		
澳大利亚										

Land Mobile Handbook Vol.4-47

6.3 蜂窝网络的频率使用

随着第1代AMPS向第4代LTE演进，蜂窝网络在不同频段上操作，包括450 MHz频段、700 MHz频段、800 MHz频段、900 MHz、1 800 MHz频带、2 100 MHz频带和2 600 MHz频带。最新的第5代技术预计将使用3.5 GHz和28 GHz频率范围。频率表被省略，因为频率分配和操作取决于国际电联1区、2区和3区的国家。

6.4 广播的频率使用

图48
广播的频率使用

			87.5 MHz		108 MHz				
欧盟									
			87.5 MHz		108 MHz				
美国									
		76 MHz		90 MHz					
日本									
			88 MHz		108 MHz		1 452 MHz	1 492 MHz	
韩国									

Land Mobile Handbook Vol.4-48

6.5 毫米波汽车和道路雷达的频率使用

图49
毫米波雷达

		21.65 GHz		26.65 GHz						76 GHz	77 GHz	81 GHz
欧盟												
		22 GHz		29 GHz						76 GHz	77 GHz	
美国												
		22 GHz		29 GHz						76 GHz	77 GHz	81 GHz
巴西												
			24 GHz	29 GHz			60 GHz	61 GHz		76 GHz	77 GHz	81 GHz
日本												
			24.25 GHz	26.65 GHz		74.275 GHz	34.875 GHz			76 GHz	77 GHz	81 GHz
韩国												

Land Mobile Handbook Vol.4-49

附件A

首字母缩略语清单

3GPP	第3代合作伙伴计划
AACN	自动撞车通知
ACC	自适应巡航控制
ACR	接入控制路由器
ADSL	不对称数字用户环路
AGPS	辅助全球定位系统
AHS	自动化高速公路系统
AoA	到达角
ARIB	无线电工商联合会
ASECAP	欧洲收费公路基础设施运营商协会
ASK	幅移键控
ASL	应用子层
ASTM	美国试验和材料学会，后来称为ASTM国际
ATIS	现代交通信息业务
AVI	自动车辆识别
AWG	亚太电信组织无线工作组
BCMCS	广播－多播系统
BER	比特差错率
BIS	公交信息系统
BMS	公交管理系统
BPSK	二进制相移键
C2C-CC	车辆间通讯联盟
CACC	协同自适应巡航控制
CAMP	防撞度量标准合作伙伴
CCSA	中国通信标准化协会
CCTV	闭路电视
CDMA	码分多址
CEDR	欧洲道路主管会议
CEN	欧洲标准化委员会
CEPT	欧洲邮电主管部门大会
C-ITS	协同式智能运输系统
CLI	呼叫者线路识别
CSMA	载波感知多址接入
DARC	数据无线电信道
DB	数据库

DCC	分布式拥塞控制
DCU	数据通信单元
DELTA	交通和汽车应用的DSRC电子实施法
DGPS	微分全球定位系统
DMB	数字多媒体广播
DQPSK	差分四相相移键控
DSB	数字声音广播
DSRC	专用短程通信
DTTB	数字地面电视广播
ECC	电子通信委员会
EID	实体识别
EIRP	有效全向辐射功率
ERC	欧洲无线电通信委员会
ERI	电子注册识别
ETC	电子通行费征收
ETSI	欧洲电信标准化委员会
EU	欧洲联盟
EV	电动汽车
FA	外国代理
FCC	联邦通信委员会
FDD	频分复用
FDMA	频分多址
FEC	前向差错控制
FFT	快速傅里叶变换
FLO	单正向链路技术
FM0	双相空号编码
FOT	现场操作测试
FWA	固定无线接入
GMLC	关口移动定位中心
GMSK	高斯滤波最小相移键控
GMSS	全球导航卫星系统
GPR	地面穿透雷达
GPS	全球定位系统
HDLC	高级数据链路控制
HSDPA	高速下行包接入
IAG	国际代理集团
ICT	信息和通信技术
ID	识别符
IEEE	美国电子电工委员会

IETF	互联网工程任务组
IMDA	通信媒体发展局（新加坡）
IMS	IP多媒体子系统
IMT-2000	国际移动通信2000
IP	互联网协议
ISM	工业科学医学
ISO	国际标准化组织
ITI	智能交通基础设施
ITS	智能交通系统
LAN	局域网
LBS	基于位置的业务
LCD	液晶显示
LCP	本地控制协议
LDM	本地动态映射
LED	发光二极管
LMS	定位和监测业务
LMSK	电平控制的最小相移键控
LOS	视距
LRR	远程车载雷达
LTE	长期演进
LTE-V2X	基于LTE的V2X
MAC	媒体接入控制
MDSS	维护决策支持系统
MIC	内政和通信省（日本）
MMD	多媒体域
MMI	人机接口
MMS	多媒体消息业务
MNO	移动网运营商
MOCT	建设和交通部
MRPI	中程预报信息
MS	移动台
NLOS	非视距
NMS	网络监视系统
NOMA	非正交多址接入
NRZ	不归零
NRZI	反向不归零
OBD	车上诊断
OBE	车上设备

OBU	车上单元
OFDM	正交频分复用
OFDMA	正交频分多址
OSI	开放系统互联
OTDoA	观察到的到达时间差
P2C	行人到中心
P2I	行人到基础设施
P2V	行人到车辆
P2X	行人到万物
PC5	设备到设备直连
PCS	个人通信系统
PDA	个人数字助手
PDE	位置确定实体
PHY	物理层
POI	关注点
POLIS	欧洲城市和区域网络创新交通解决方案
ProSE	邻近服务器
PSAP	公共安全应答点
PSAP	公共安全和援助方
PSK	相移键控
PSS	便携式移动台
PSTN	公共交换电话网
PTIS	公共交通信息系统
QAM	正交幅度调制
QPSK	四相相移键控
RADAR	雷达，无线电侦测和测距
RDS	无线数据系统
RF	射频
RSE	路边设备
RSU	路边单元
RTT	无线传输技术
RTTT	道路交通和流量远程信息处理
RVC	道路车辆通信
SDM	业务和诊断模块
SIP	会话发起协议
SNP	信令网络协议
SRR	短程车辆雷达
STA	站台
TCP/IP	传输控制协议/互联网协议

TDD	时分双工
TDMA	时分多址
TD0A	到达时间差
TIA	电信行业协会
ToA	到达时间
TPC	发射功率控制
TPEG	交通协议专家组
TRS	集群无线电系统
TSAC	电信标准咨询委员会（新加坡）
TTA	电信技术协会
TTI	交通和旅行信息
UDP/IP	用户数据报协议/互联网协议
UAE	阿拉伯联合酋长国
UE	使用者设备
UMTS	通用移动通信系统
URA	UTRAN接入区
USD	通用业务指南
UTRAN	UMTS无线接入网
Uu	基站与设备之间的链路
UWB	超宽带
V2I	车辆到基础设施
V2N	车辆到网络
V2V	车辆到车辆通信
V2X	车辆到万物
VICS	车辆信息和通信系统
VIN	车辆识别号
VMC	车辆多跳通信
VMS	可变消息标志
VoIP	互联网协议上的语音，IP电话
WAVE	移动环境下的无线接入
WCDMA	宽频带码分多址
WDN	无线分组数据网
WiBro	无线宽带
WiMax	无线接入全球互通技术
WIPI	无线互联网互通平台
WLAN	无线局域网
WNC	无线网络控制器
WNS	无线网交换
WSMP	WAVE短消息协议

附件B

ITS在一些国家的使用

本附件描述了表41到45中所列的ITS应用的业务概要、标准和频率使用情况。

表41

ITU-R成员国ITS无线电通信使用概要

国家	应用	标准	频段	部署
欧盟国家	ETC	DSRC	5.795~5.815 GHz	2004 年颁布
	C-ITS	ITS G5	5.855~5.925 GHz	2016 年起在一些成员国开始部署基础设施
	ITS	ETSI EN 302 686	63.72~65.88 GHz	
	TIS	FM	87.5~108 MHz	
美国	ETC	DSRC	902~928 MHz	2004 年颁布
	C-ITS	WAVE	5.850~5.925 GHz	计划 2021 年启动大规模生产和车辆部署
	TIS	FM	87.5~108 MHz	
加拿大	C-ITS	WAVE	5.850~5.925 GHz	
中国	C-ITS	LTE V2X	5.905~5.925 GHz	2018 年颁布
日本	ETC	DSRC	5.795~5.805 GHz and 5.835~5.845 GHz	2001 年颁布
	C-ITS	ITS Connect	755.5~764.5 MHz	2015 年颁布
	VICS	FM Broadcasting	76~90 MHz	1996 年颁布
		DSRC	5.770~5.850 GHz	2015 年颁布
韩国	ETC	DSRC	5.795~5.815 GHz	2004 年颁布
	C-ITS	WAVE, Cellular V2X	5.855~5.925 GHz	2016 年颁布
	TIS	FM Broadcasting	88~108 MHz 1 452~1 492 MHz	
新加坡	C-ITS	WAVE	5.855~5.925 GHz	-
澳大利亚	C-ITS	WAVE	5.855~5.925 GHz	-

表42

1区毫米波汽车雷达频率使用

	24.05 到 24.25 GHz ISM		76 到 77 GHz			77 到 81 GHz		
	规则	标准	规则	标准	报告/说明	规则	标准	报告/说明
欧洲 - CEPT, EU	ERC/REC 70-03 附件 5 委员会执行决定 2013/752/EU	ETSI EN 302 858 (2013-07)	- ERC/REC 70-03 附件 5 - ECC/DEC/(02)01 委员会执行决定 2017/1483/EU	ETSI EN 301 091-1 (2006-11)	CEPT 报告 35、 36 和 37	- 2004/545/EC - ERC/REC 70-03 附件 5 和 13 ECC/DEC/(04)03	ETSI EN 302 264-1 (2009-04)	- ECC/REP 056 - 部分: CEPT Report 003 - CEPT 报告 46 和 37
- 俄罗斯	SFMC 决议 07-20- 03-001 附件 7		SFMC 决议 No. 07- 20-03-001 附件 7		国家无线电频率 委员会 10-09-03 决议附录 1, 2010 年 10 月 29 日	SFMC 决议 No. 07-20-03-001 附件 7		国家无线电频率 委员会 10-09-03 决议附录 1, 2010 年 10 月 29 日
阿拉伯国家 (例如, 沙 特阿拉伯、 阿曼、阿联 酋)	UAE-TRA: 超宽 带和短程设备条 例	CITC 技术 规范文件 编号: RI054 (Rev 2)	UAE-TRA: 超宽 带和短程设备条例 CITC	CITC 技术 规范文件 编号: RI049 (Rev 2)		TRA No 133/2008 决议 77-82 GHz - SRR, 2008 年 10 月 28		

表43

北美和南美毫米波汽车雷达频率使用

	24.05 到 24.25 GHz ISM		76 到 77 GHz			77 到 81 GHz		
	规则	标准	规则	标准	报告/说明	规则	标准	报告/说明
美国	FCC 15/15.249 部分		FCC 15/15.253 部分			已规划（NPRM FCC15-16）		
加拿大		RSS-310	频谱使用政策 SP-47 GHz	RSS 251				
巴西	ANATEL 第 506 号决议		ANATEL 第 506 号决议					

表44

亚太毫米波汽车雷达频率使用

	24.05 到 24.25 GHz ISM		76 到 77 GHz			77 到 81 GHz		
	规则	标准	规则	标准	报告/说明	规则	标准	报告/说明
大韩民国	MSIT 未授权设备技术规则（2020-58 通知）		MSIT 未授权设备技术规则（2020-58 通知）			MSIT 未授权设备技术规则（2020-58 通知）		
中国	G 类设备微功率（短距离）无线电设备的技术要求		微功率（短距离）无线电设备的技术要求第十四部分					

表44（完）

	24.05 to 24.25 GHz ISM		76 to 77 GHz			77 to 81 GHz		
	规则	标准	规则	标准	报告/说明	规则	标准	报告/说明
日本	内务省条例 (46-2010)	ARIB STD-T73	无线电设备条例, MIC 通知 (643-1997)	ARIB STD-T48		无线电设备条 例, MIC 通知 (643-1997)	ARIB STD-T111	
新加坡			IMDA 短程设备技 术规范	IMDA TS SRD		IMDA 超带宽 (UWB) 设备技 术规范	IMDA TS UWB	
泰国	关于车辆雷达无线 电通信设备牌照规 则的通知	NBTC TS 1011-2560 第 2.1.1 节	关于车辆雷达无线 电通信设备牌照规 则的通知	NBTC TS 1011-2560 第2.1.2节		关于车辆雷达无线 电通信设备牌照规 则的通知	NBTC TS 1011-2560 第 2.1.3 节	
越南	短程设备的技术和 操作要求条例 (46/2016/TT- BTTTT 号通函)		短程设备的技术和 操作要求条例 (46/2016/TT- BTTTT 号通函)			短程设备的技术和 操作要求条例 (46/2016/TT- BTTTT 号通函)		

表45

亚太毫米波车辆雷达的使用状态

国家	应用	技术/标准	频段	部署或规划年份
澳大利亚	第 66 节 超宽带短程车辆雷达系统发射机	无线电通信（低干扰电位设备）类别许可证 2015	22-26.5 GHz	-
	第 66 节 无线电测定发射机		24.0-24.25 GHz	
	远程车辆雷达（智能巡航控制） 第 69 节 无线电测定发射机		76-77 GHz	
	第 70 节 无线电测定发射机		77-81 GHz	
中国	车载测距雷达	关于发布《微功率（短距离）无线电设备的技术要求》的通知	24.00-24.25 GHz	2005 年颁布
			76-77 GHz	
	车载测距雷达	工业和信息化部《24 GHz 频段短距离车载雷达设备使用频率的通知》	24.25-26.65 GHz	2012 年颁布
	车载测距雷达	雷达	77-81 GHz	2017 年现场试验
	车载雷达系统	HKCA1075 豁免许可证	76-77 GHz ¹⁹	2005 年
			77-81 GHz ¹⁹	2017 年

¹⁹ 该频段用于中国香港。

表 45 (续)

国家	应用	技术/标准	频段	部署或规划年份
日本	环境辨别（障碍物检测）	准毫米波系统	24.0-24.25 GHz	2010 年颁布
			24.25-29 GHz	
		毫米波系统	60-61 GHz	1995 年颁布
			76-77 GHz	2011 年颁布 （占用带宽：500MHz） 2015 年修订 （占用带宽：1GHz）
			77-81 GHz	2012 年颁布： 78-81 GHz 2017 年修订，纳入高于 77 GHz
大韩民国	车辆防撞雷达	雷达	24.25-26.65 GHz	2012 年 （“汽车雷达设备”可在 2021 年 12 月 31 日前安装，可使用至该设备使用寿命结束为止）
			76-77 GHz	2008 年
			77-81 GHz	2016 年
	道路事故检测	毫米波道路雷达	34.275-34.875 GHz	2014 年 9 月
新加坡	短程雷达系统，例如车辆的自动巡航控制和防撞预警系统	雷达 IMDA TS SRD	76-77 GHz	2002 年
	车载雷达	雷达 IMDA TS UWB	77-81 GHz	2008 年

表45（完）

国家	应用	技术/标准	频段	部署或规划年份
泰国	车载雷达应用	NBTC 标准 1011-2560	22.00-24.05 GHz	2018 年通过。在 2023 年 12 月 31 日前允许在泰国境内使用的设备的生产和进口许可证。之后仅允许替换零件。
	车载雷达应用	NBTC 标准 1011-2560	24.05-24.25 GHz	2007 年通过，2018 年修订
	车载雷达应用	NBTC 标准 1011-2560	24.25-26.65 GHz	2014 年通过，2018 年修订。在 2023 年 12 月 31 日前允许在泰国境内使用的设备的生产和进口许可证。之后仅允许替换零件。
	车载雷达应用	NBTC 标准 1011-2560	76-77 GHz	2006 年通过
	车载雷达应用	NBTC 标准 1011-2560	77-81 GHz	2018 年通过
越南	包括短程车载雷达在内的非特异性短程设备	低干扰电位设备	24.00-24.25 GHz	2009 年通过
	车载雷达	雷达	76-77 GHz	2012
	车载雷达	雷达	77-81 GHz	2016

附件C

关于ITS的出版物

1 概要

下节提供了国际电联关于ITS的相关出版物的非详尽清单。为便于参考，提供了摘要。

2 国际电联出版物

2.1 世界无线电通信大会建议书

第208号建议（WRC-19）

提出建议

- 1 主管部门在规划和部署不断演进的ITS应用时考虑最新版建议书（如，ITU-R M.2121）所列的全球或区域统一频段或其部分，同时考虑上述认识到b)；
- 2 主管部门在必要时考虑到ITS台站与现有业务台站（如，FSS地球站）之间的共存问题，同时兼顾考虑到f)，

2.2 ITU-R建议书

ITU-R M.1452	用于智能交通系统应用的毫米波无线电通信系统
ITU-R M.1453	智能运输系统 – 5.8 GHz的专用短距离通信
ITU-R M.1890	智能交通系统 – 导则和目标
ITU-R M.2057	76-81 GHz频段中用于智能交通系统应用的汽车雷达系统特性
ITU-R M.2084	用于智能交通系统应用的车与车和车与基础设施通信的无线电接口标准
ITU-R M.2121	统一用于移动业务中智能交通系统的频段

2.3 ITU-R报告

ITU-R M.2228	先进智能交通系统的无线电通信
ITU-R M.2322	用于共用研究的77.5-78GHz频段车载雷达的系统特性和兼容性
ITU-R F.2394	频段运行的固定业务中的点对点应用程序和在76-81 GHz频段运行的无线电定位业务中的汽车雷达应用程序之间的兼容性
ITU-R M.2444	移动业务中智能交通系统部署的安排实例
ITU-R M.2445	智能交通系统（ITS）的使用

3 其他ITS参考

ARC-IT

是国家智能交通通信系统（ITS）参考架构的重要更新，整合了由国家ITS架构7.1版和CVRIA 2.2版演进而来的内容。

ARIB STD-T48

用于特定低功率电台的毫米波雷达设备

(https://www.arib.or.jp/english/std_tr/telecommunications/std-t48.html)

ARIB STD-T75

专用短程通信系统

(https://www.arib.or.jp/english/std_tr/telecommunications/std-t75.html)

ARIB STD-T109

700 MHz频段智能交通系统

(https://www.arib.or.jp/english/std_tr/telecommunications/std-t109.html)

ARIB STD-T111

79 GHz频段高分辨率雷达

(https://www.arib.or.jp/english/std_tr/telecommunications/std-t111.html)

CEN EN 12253

道路交通和流量远程信息处理 – 专用短程通信 – 使用5.8 GHz微波的物理层

修正2006/771/EC决定的2019年8月2日委员会执行决定(EU) 2019/1345，更新了用于短程设备的无线电频谱使用领域的协调技术条件

ERC决定(92)02

这些频段被指定用于道路运输远程信息系统的协调引进

ECC决定(08)01

5875-5935 MHz频段安全相关的智能交通通信系统（ITS）的协调使用

ECC决定(09)01

智能交通通信系统（ITS）63.72-65.88 GHz频段的协调使用

经2019/1345/EU修正的EC决定2006/771/EC

ECC决定(02)01

频段被指定用于道路运输远程信息系统的协调引进

ERC建议书70-03

与短程设备的使用相关（SRD）

ETSI EN 300 674-2

交通和流量远程信息处理（TTT）；工作于5.8 GHz工业、科学和医学（ISM）频带的专用短程通信（DSRC）传输设备（500 kbit/s / 250 kbit/s），第2部分：涵盖2014/53/EU指令第3.2款的基本要求的协调标准；

ETSI EN 302 571

智能交通通信系统（ITS）；工作于5 855 MHz到5 925 MHz频段的无线电设备；涵盖2014/53/EU指令第3.2款的基本要求的协调标准

ETSI EN 302 663

智能交通通信系统（ITS）；工作于5 GHz频段的智能交通通信系统的接入层规范

ETSI EN 302 665

智能交通通信系统（ITS）通信体系结构

ETSI EN 302 686

智能交通通信系统（ITS）；在63 GHz到64 GHz频段工作的无线电通信设备；涵盖R&TTE指令第3.2款基本要求的协调EN

ETSI TS 102 687

智能交通通信系统（ITS）；在5 GHz范围内工作的智能交通通信系统的分散式拥塞控制机制：接入层部分

ETSI TS 102 792

智能交通通信系统（ITS）；避免欧洲CEN专用短程通信（CEN DSRC）收费设备和在5 GHz频段范围内工作的智能交通通信系统（ITS）之间的干扰的缓解技术

ETSI TS 102 724

智能交通通信系统（ITS）；在5 GHz频率范围内工作的智能交通通信系统（ITS）的协调信道规范

ETSI TS 103 175

智能交通通信系统（ITS）；在ITS G5A和ITS G5B介质中操作的跨层DCC管理实体

IEEE 1609.0™-2013

IEEE车载环境无线接入（WAVE）指南 – 体系结构

IEEE 1609.2™-2016

IEEE车载环境无线接入标准 – 应用程序和管理消息安全服务

IEEE 1609.3™-2016

IEEE车载环境无线接入（WAVE）标准 – 联网业务

IEEE 1609.4™-2016

IEEE车载环境无线接入（WAVE）标准 – 多信道操作

IEEE 1609.11™-2010

IEEE车载环境无线接入（WAVE）标准 – 智能交通通信系统（ITS）空中电子支付数据交换协议

IEEE 1609.12™-2016

IEEE车载环境无线接入（WAVE）标准 – 识别符分配

SAE J2735 March, 2016

专用短程通信（DSRC）消息集字典

SAE J2945/1 March, 2016

V2V安全通信车载系统要求

TTAK.KO-06.0175/R1

车辆通信系统阶段1：要求

TTAK.KO-06.0193/R1

车辆通信系统阶段2：体系架构

TTAK.KO-06.0216/R1

车辆通信系统阶段3：PHY/MAC

TTAK.KO-06.0234/R1

车辆通信系统阶段3：联网

CCSA 2015-1616T-YD

基于LTE的车辆通信的通用技术要求

CCSA 2016-1853T-YD

基于LTE的车辆通信的空中接口技术要求

国际电信联盟

Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

ISBN: 978-92-61-32745-3

SAP id



瑞士出版
2021年, 日内瓦

图片鸣谢: Shutterstock