

侧行链路 (Sidelink, SL) 是指终端 (User Equipment, UE) 与终端之间的直接信息传输链路, 与下行链路和上行链路不同, 在侧行链路中基站不参与侧行链路的数据发送和接收, 而只会为覆盖内的终端提供侧行链路的相关配置。第三代合作伙伴计划 (3rd Generation Partnership Project, 3GPP) 于 R12 完成了第一个侧行链路通信技术的标准化, 即基于长期演进 (Long Term Evolution, LTE) 的设备到设备 (Device to Device, D2D) 通信技术。LTE-D2D 主要支持终端之间广播通信和终端之间互发现两大功能。其中, 前者用于公共安全目的, 如救援、火警、反恐等, 需要能够工作在网络覆盖内、部分网络覆盖和无网络覆盖三种不同场景, 如图 1-1 所示, 后续 3GPP (截至 R17) 标准化的侧行通信技术也都支持这三种不同的网络覆盖场景; 而后者主要用于商业目的, 如广告发布、社交网络等, 仅需要工作在完全网络覆盖场景<sup>[1]</sup>。在 R13 中, 为了更好地支持公共安全方面的通信需求, 3GPP 对 LTE-D2D 技术进行了增强, 将终端之间的互发现功能扩展到了部分网络覆盖和无网络覆盖场景, 以便将该功能应用于公共安全领域, 另外还支持终端与基站之间的侧行中继等功能<sup>[2]</sup>。

为了提高道路效率, 支持智能交通系统 (Intelligent Transportation System, ITS) 中信息发送为目的的 V2X (Vehicle to Everything, 车联网) 通信受到了越来越广泛的重视。LTE-D2D 中终端之间的广播通信功能主要用于支持公共安全场景下的语音业务, 对数据传输的速率、时延和可靠性要求并不高, 在设计过程中也没有考虑比较密集的终端分布和较高的终端移动速度, 而 V2X 通信在以上方面的要求均远高于 LTE-D2D (详见第 2 章所述), 所以 LTE-D2D 无法用于支持 V2X 通信。因此, 在 R14 中 3GPP 对 V2X 通信进行了研究, 并完成了第一个基于 LTE 的 V2X 通信技术标准 (即 LTE-V2X) 版本, 虽然 LTE-V2X 也是一种基于侧行链路的通信技术, 但由于引入了基于信道侦听的终端自主资源选择方式, 而且在帧结构上也做了很大的改进, 所以整体性能相对于 LTE-D2D 有了明显的提升。为了进一步提高 LTE-V2X 在数据速率、时延和可靠

性方面的性能，3GPP 在 R15 中对 LTE-V2X 做了进一步增强，引入了载波聚合、高阶调制等功能。

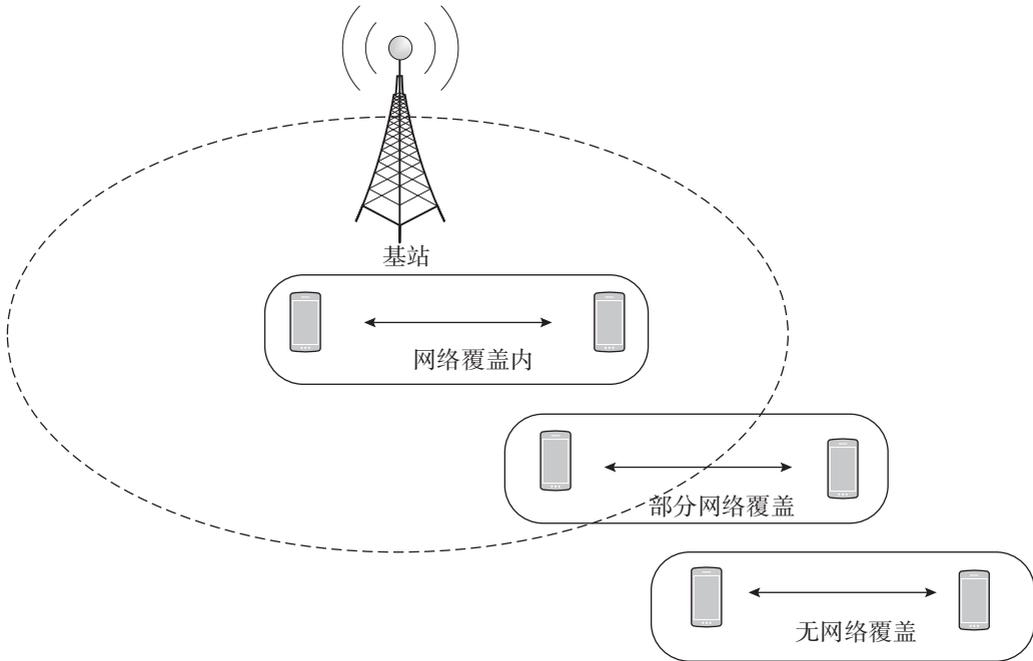


图 1-1 网络覆盖内、部分网络覆盖和无网络覆盖示意图

随着时代的发展，自动驾驶受到了越来越多的关注和期待，实现高级别自动驾驶无疑会给人们的出行和生活带来极大便利，这也对 V2X 通信提出了更高的要求。如第 2 章所述，为了支持高级别自动驾驶，V2X 通信的最高数据速率需要达到 1Gbit/s，最低时延为 3ms，最高可靠性要求为 99.999%，而 LTE-V2X 的设计目标仅是为了满足基本道路安全需求，以支持周期性业务传输为主，远无法满足如此严苛的数据传输要求，为此 3GPP 在版本 16 (Release 16, R16) 开始了对基于新空口 (New Radio, NR) 的 V2X 技术研究，并完成了第一个版本的 NR-V2X 技术标准。

NR-V2X 继承了 NR-Uu 接口参数集和时隙结构的灵活性，相比 LTE-V2X 而言，可以支持更大的信道带宽、更短的传输时间间隔 (Transmission Time Interval, TTI) 长度，以及更合理的时隙结构。在终端自主资源选择方面，NR-V2X 引入了资源抢占 (Pre-emption) 和重评估 (Re-evaluation) 机制 (详见第 4 章)，所以可以更好地支持非周期性业务。另外，NR-V2X 可以在物理层支持单播、组播和广播通信，在单播和组播通信中支持混合自动重传请求 (Hybrid Automatic Repeat reQuest, HARQ) 反馈，在单播通信中支持基于侧行链路路损的功率控制，因此这一系列新功能保证了 NR-V2X 可以更好地支持高速率、低延迟和高可靠性业务，并具有更高的系统容量和更好的覆盖率。而且

R16 NR-V2X 系统具备足够的灵活性和可扩展性，为后续功能演进提供了很好的基础。本书将在第3章至第6章详细介绍 R16 NR-V2X 的具体设计。

但第一个版本（R16）NR-V2X 技术并没有能够完全支持预期的所有业务需求和应用场景<sup>[3]</sup>。首先，这一版本中终端需要持续地进行侧行链路接收以支持基于信道侦听的资源选择，这样将导致严重的电量损耗，电量受限的手持终端无法支持这一功能。其次，侧行链路通信技术所能达到的可靠性和时延受制于通信环境，在信道拥塞的情况下，NR-V2X 在可靠性和时延方面的性能将受到限制。所以，在版本 17（Release 17, R17）中引入了部分侦听（Partial Sensing）、侧行链路非连续接收（SideLink-Discontinuous Reception, SL-DRX）和基于终端间协调的资源选择。为了扩展网络覆盖，在 R17 中还支持基于侧行链路的终端到网络中继。另外，3GPP 的 SA2（Service and System Aspects Working Group 2）工作组还完成了近距离业务（Proximity-based Services, ProSe）的标准化工作。这部分内容将在本书的第7章和第8章展开介绍。

截至 R17，基于 NR 的侧行通信技术主要是针对 V2X 业务设计的，NR-V2X 的工作频率主要是 ITS 频段和网络运营商允许的授权频段。但是近来业内利用侧行通信技术支持商业领域应用（如智慧家庭、XR、智能工厂等）的需求日益强烈。因为商业领域的应用不能使用 ITS 频谱，网络运营商也没有足够的授权频谱用于支持侧行通信，因此，为了满足这一需求，首先需要能够在新的载波上支持 NR 侧行通信技术，支持更多新的载波，也能够同时进一步提高 NR 侧行链路的数据速率。所以在非授权载波上支持 NR 侧行通信（Sidelink Over Unlicensed Spectrum, SL-U）成为 R18 对 NR 侧行链路的演进目标。在非授权频段支持侧行链路通信将彻底摆脱侧行通信对专用频谱和授权频谱的依赖，是将 NR 侧行链路通信技术拓展到商业应用领域的重要基础，所以 R18 有望成为 NR 侧行链路技术向商业应用领域拓展的关键阶段。本书将在第9章重点介绍 SL-U 技术的应用场景、系统架构，以及在现有标准基础上支持 SL-U 所需的物理层和高层增强。

此外，为了进一步提高 NR 侧行链路的性能，增加其支持的功能和适应场景，在 R18 中还考虑引入增强侧行中继、基于侧行链路的定位、侧行载波聚合、多天线增强，以及 LTE-V2X 和 NR-V2X 同信道共存等功能，本书将在第10章进一步介绍这部分内容。