



咪咕

车载(转播车)无线传输技术报告

中国移动研究院
中国移动咪咕公司

本文件主要起草人：

咪咕公司：徐嵩、聂国梁、李於柯、陈丽丽、卿松、杨堃、张文宣

中国移动研究院：陈宁宇、刘亮、谢芳、柴丽、毕娅娜

说明：

1. 本文件免费使用，仅供参考，不对使用本文件的产品负责。
2. 本文件归属中国移动研究院-咪咕公司“面向泛娱乐的业网算协同”联合工作组。
任何单位与个人未经工作组书面允许，不得以任何形式转售、复制、修改、抄袭、传播全部或部分内容。

目录

1 直播现状	5
1.1 现状	5
1.2 转播车传输场景	5
2 5G 公网专用切片方案	7
2.1 核心技术说明	7
2.2 解决方案	7
2.3 方案分析	8
3 车载 5G 专网方案	10
3.1 总体方案	10
3.2 方案分析	11
3.3 授权频谱子方案	11
3.3.1 技术说明	11
3.3.2 方案分析	12
3.4 非授权频谱子方案	14
3.4.1 技术说明	14
3.4.2 方案分析	15
3.5 RAN sharing 子方案	17
3.5.1 技术说明	17
3.5.2 方案分析	18
3.6 游牧基站子方案	20
3.6.1 技术说明	20
3.6.2 方案分析	20
4 应急通信车方案	21
4.1 技术说明	21
4.2 解决方案	22
4.3 方案分析	22

5 微波解决方案	23
5.1 核心技术说明.....	23
5.2 解决方案.....	24
5.3 方案分析.....	26
6 Wi-Fi 解决方案	27
6.1 核心技术说明.....	27
6.2 解决方案.....	29
6.3 方案分析.....	29
7 总结	30
8 参考	31

1 直播现状

1.1 现状

转播车是一种集成超高清转播制作系统的车载平台，转播制作系统包括视频制作系统、音频制作系统等。对于转播车而言，音视频信号的传输技术是非常关键的部分，不同的信号传输方式对于转播制播的整体影响也是显而易见的，因此制作团队在前期的场地勘探、设备安装、线缆铺设等方面都要全面考虑信号传输方案，包括光纤、同轴电缆、微波、专线、卫星、专线和 5G 等，都需要在前期阶段考察准备到位。

同轴电缆：常用于相对较短距离的信号传输。

光纤：相比同轴电缆，光纤电缆数据传输具有距离长、高容量的优势。

微波：微波传输使用无线电射频进行无线数据传输。设备必须在视线范围内，短距离微波发射器体积很小，可以手持也可以固定在摄像机顶部，长距离微波发射器通常安装在车辆上方或建筑物屋顶上。

卫星：远程制作的信号通过卫星链路传输具有很多优势，这种传输方式不受传输距离的限制，也没有信号遮挡的问题，但是成本相对较高。

专线：通过点对点专线或者互联网专线的方式进行信号的传输。

5G：通过 5G 网络进行音视频信号的传输。

1.2 转播车传输场景

转播车涉及的传输场景比较复杂，外部传输主要包括：

场景一：现场机位传输到现场转播车。在现场直播中，机位是对摄像机的拍摄位置和拍摄高度的统称，常见的机位有定点机位和游动机位两种。定点机位是指在各个机位确定后，

直播过程中不再进行调整的机位。游动机位是指摄影师在直播现场根据被摄对象的运动进行移动式拍摄的机位，这种游动机位灵活地在一定范围内移动。针对定点机位，摄像机一般通过电缆或者光纤等有线的方式和转播车连接进行信号的传输；如果现场布线困难，需要通过无线进行数据传输。针对游动机位，由于机位移动范围较大，直接通过有线传输数据会带来拍摄的不便，无线传输是一种优选方案。

场景二：第二现场的机位或者 PGM 信号传输到现场转播车。第二现场的拍摄的信号或者制作后的 PGM 信号传输到现场转播车，这种场景下，一般通过 5G 或者专线的方式进行传输。

场景三：PGM 或者特定机位信号传输到总控中心。现场转播车制作后的 PGM 以及一些高价值机位的信号需要传输到总控中心进行进一步的制作和分发，这种场景下一般通过 5G 或者专线的方式进行传输。

综上所述，转播车传输场景主要包括场景一：现场机位传输到现场转播车；场景二：第二现场的机位或者 PGM 信号传输到现场转播车；场景三：PGM 或者特定机位信号传输到总控中心。其中场景一中固定机位可以通过电缆或者光缆等有线方式回传，游动机位可以通过微波或者 5G 等无线方式回传。场景二和场景三可以通过专线或者 5G 进行传输。

本文主要解决场景一：现场机位传输到现场转播车需求，所述方案主要是无线传输技术方案。



图 1. 转播车外部传输场景图

2 5G 公网专用切片方案

2.1 核心技术说明

5G 网络具备大带宽、低时延和广连接等技术特性，是目前一个应用最广的无线网络，在直播场景中经常使用到。

网络切片技术是一种新型网络架构，在同一个共享的网络基础设施上提供多个逻辑网络，每个逻辑网络服务于特定的业务类型或者行业用户。通过网络切片可以降低建设多张专网的成本，而且可根据业务需求提供高度灵活的按需调配的网络服务，从而提升网络价值和变现能力，并助力各行各业的数字化转型，网络切片具备以下 4 个特征：

1. 隔离性：不同的网络切片之间互相隔离，一个切片的异常不会影响到其他的切片。
2. 虚拟化：网络切片是在物理网络上划分出来的虚拟网络。
3. 按需定制：可以根据不同的业务需求去自定义网络切片的业务、功能、容量、服务质量与连接关系，还可以按需进行切片的生命周期管理。
4. 端到端：网络切片是针对整个网络而言，需要核心网、承载网、无线侧均支持网络切片功能，在数据平面为每个切片做到“端到端”的硬管道隔离。

相较于 2G/3G/4G “一刀切”式网络资源提供方式，5G 网络依靠切片技术可以按照业务需求提供不同的 QoS（业务质量）、SLA（服务等级标准）的网络资源，还可以按照业务的持续时间、容量需求、速度需求、延迟要求、可靠性要求、安全性要求、可用性要求进行切片定制，真正做到同一网络、不同切片来满足各行各业的需求。

2.2 解决方案

5G 公网专用切片方案部署如图 8 所示：

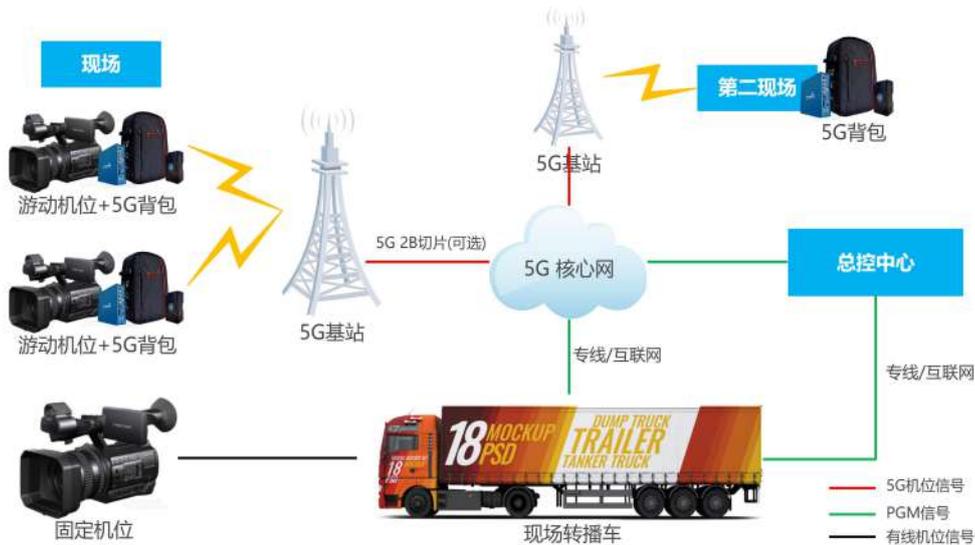


图 8. 5G 公网专用切片方案组网图

转播车直接使用 5G 公网作为传输网络，完成游动机位到转播车之间的视频流传递。游动机位采用 5G 背包进行数据传输，采用网络切片技术来保证传输质量。游动机位和 5G 背包连接在一起，游动机位拍摄内容之后，利用 SDI 接口传输信号到 5G 背包，5G 背包实时进行 H.264/H.265 编码，把编码后的视频流通过无线进行传输，经过 5G 基站到达 5G 核心网。5G 背包直播传输的应用模式已经处于常态化的应用阶段，有以下关键特性：

1. 支持单路 SDI/HDMI 的 HD/4K 输入或 4 路 SDI 的 HD 输入
2. 视频支持 H.264/H.265 编码
3. 传输协议支持 SRT、RTMP、UDP、RIST 等，视频压缩码率为 3Mbps~80Mbps
4. HD 视频直播传输支持单进单出、多进多出、多进单出三种应用模式

由于 5G 的上行带宽相比下行带宽小，并且所有手机用户共享带宽，为了保证上传质量，需要开通 2B 切片来保证上行传输带宽和时延。

核心网拉专线到现场转播车，核心网分流之后通过光纤把视频图像传递到转播车。

2.3 方案分析

5G 网络受限于网络覆盖情况，在覆盖差的位置，无法满足带宽和时延需求；5G 带宽是多用户共享带宽，在人群密集的场景下，带宽需求也无法满足。通过切片技术。5G 公网才能够保证转播车场景的带宽和时延需求。5G 公网专用切片方案评价如表 4 和图 9：

维度	程度	描述
商用部署	☆☆☆☆☆	网络普及，接入没有人力成本；切片开通需要时间；背包设备已经是成熟产品，一次购买，永久使用
政策适配性	☆☆☆☆☆	使用现有的服务，不涉及到政策限制
传输时延	☆☆	虽然有切片技术保证，极端情况还是受限；受限于覆盖情况。如果边缘服务器部署在基站侧，端到端传输时延能够达到 15ms；最坏情况下，端到端传输时延能够达到 30ms
保证带宽	☆☆☆	5G 最高下载速率能达到 1Gbps；最高上行速率约为 100Mbps，理论上满足需求；但是在人多的场景下，还是需要切片保证
传输距离	☆☆☆☆☆	有基站全覆盖，基本不受距离的限制
抗干扰性	☆☆☆☆☆	整个网络是运营商提供，运营商已经做了网规网优；背包不会额外造成干扰
易用性	☆☆☆☆☆	直接使用背包，不涉及到设备的运维，易于使用；5G 网络已经普及，只要不是偏远地区，基本都可以随时随地接入，以中国移动为例，全国已经部署了百万台 5G 基站，城区全覆盖

表 4. 5G 公网专用切片方案分析表

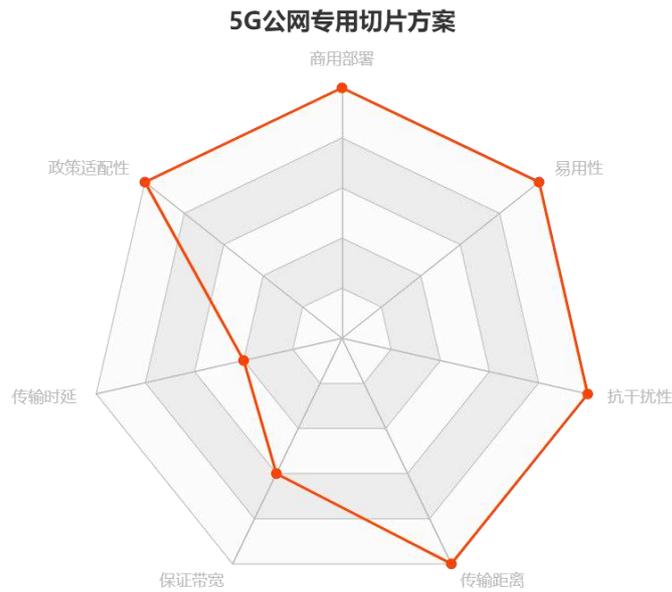


图 9. 5G 公网专用切片方案评价图

3 车载 5G 专网方案

3.1 总体方案

具体如下图所示：

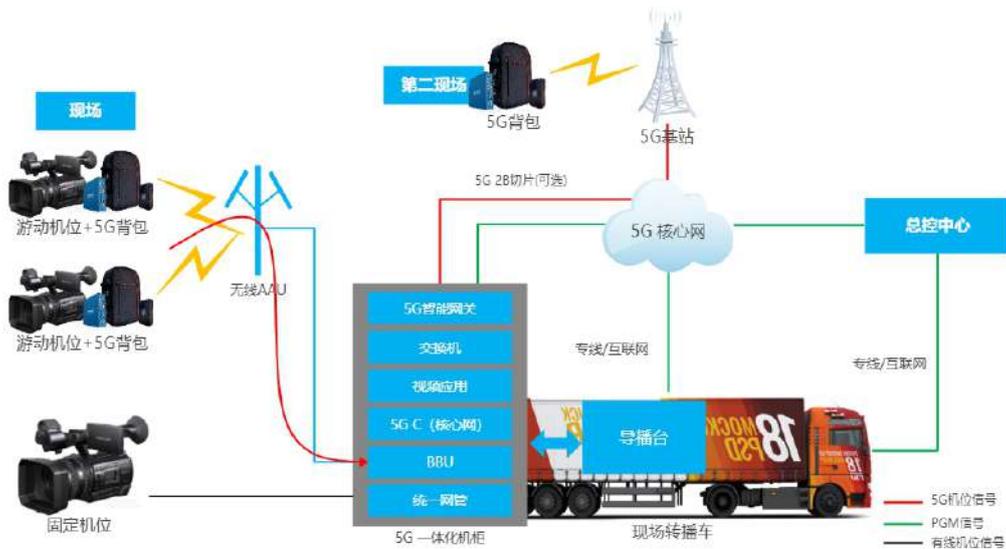


图 10. 基于车载 5G 专网的 5G 游动机位到转播车/转播台的回传方案

车载 5G 专网方案核心思想：本地卸流，即开即用。5G 专网整体部署在转播车内，移动机位通过无线直接传送数据到车载 5G 专网，报文在转播车卸流并转发到其他模块，进行本地处理，这样可以降低时延，同时也可以降低部署专线成本。由于转播车的移动性，方案另一个核心诉求是要求即开即用，尽量与 5G 现网隔离，降低部署成本，节约开通时间。

车载 5G 专网整体部署在转播车内，里面包含基站和 5G 核心网。由于转播车需求传输功能单一，接入用户数量少，并且转播车空间有限，建议部署小型化 5G 核心网。车载 5G 专网为专网专用方案，和 5G 大网完全独立，无需对接 5G 现网。车载 5G 专网方案专网专用这个概念与 5G 行业专网 (NPN) 类似，最大的不同在于车载 5G 专网支持物理位置变化，这种移动性也引入了一个最大的挑战：如何避免与新环境之间的无线干扰问题。

车载 5G 专网是个概念，还需要具体技术支撑落地。结合当前的 5G 商用情况以及未来技术演进，车载 5G 专网方案有如下子技术实现方案：授权频谱子方案、非授权频谱子方案、

RAN sharing 子方案、游牧基站子方案等。

3.2 方案分析

车载 5G 专网方案具有如下优点：

1. 可以有效减少路径迂回，降低成本和减少施工难度；
2. 进一步降低 5G 游动机位时延；
3. 降低 5G 游动机位和有线机位时间对齐的复杂度；
4. 部署方式更灵活。

3.3 授权频谱子方案

3.3.1 技术说明

无线电频谱有限且不可再生，是国家重要战略资源，由国家相关部门统一管理。频谱资源主要分为两类：授权频谱和非授权频谱。授权频谱指由国家分配给运营者的频段。

3G UMTS、4G LTE、5G NR 通常都工作在授权频谱上。

目前中国移动分配的授权频谱见表 5：

运营商	频段	频率范围	带宽	说明
中国移动	2GHz	2010~2025MHz	15MHz	已基本退网
	1.9GHz	1880~1920MHz	40MHz	4G 网络主力频段
	2.3GHz	2320~2370MHz	50MHz	4G 网络室内覆盖主要频段
	2.6GHz	2515~2675MHz	160MHz	2515-2615MHz 部署 5G 2615-2675MHz 部署 4G
	4.9GHz	4800~4900MHz	100MHz	5G 频段，现网未大规模适用

	700MHz	703~733MHz; 758~788Mhz	60MHz	与广电共建共享
--	--------	---------------------------	-------	---------

表 5. 中国移动目前分配的授权频谱

低频段已经被广泛使用，空闲可用频段越来越少，为了满足高速率、低时延、高效率等不同场景的多样化需求，3GPP 在 NR 引入毫米波。毫米波是波长从 1~10mm、频率从 30~300GHz 的电磁波，目前业界统一把 6~100GHz 之间的频段作为毫米波研究的频段，该频段拥有丰富的频率资源。

3.3.2 方案分析

车载 5G 专网转独立部署基站和小型化核心网，整个设备与 5G 现网完全隔离，频谱采用授权频谱。授权频谱中有 3 个适合选择的频谱：

1. 4.9GHz (4800-4900MHz)的频段定位是 5G 的热点补充频段以及行业专网频段，由于目前 5G 应用还有限，n41 频段已经足够承载，因此暂未在现网大规模部署使用。8D2U 帧结构的下行峰值速率为 1450Mbps，上行峰值速率为 375Mbps。
2. 2GHz (2010-2025MHz) 频段最初获批是用于部署 TD-SCDMA，为 3G 频段。现在 TD-SCDMA 已基本退网，该频段也就清空腾退出来了，一些地区用来部署 TD-LTE，扩大 4G 网络的容量。也可以成为该方案的候选授权频谱。8D2U 帧结构的下行峰值速率为 217Mbps，上行峰值速率为 56Mbps。
3. 毫米波目前应用比较少，选择毫米波能够提供足够带宽并且可以避免干扰。

采用授权频谱进行覆盖的优势是技术成熟，且已有成熟产品。但是采用授权频谱，需要申请空闲空口频谱资源，可以通过扫频寻找可用频谱资源。如果现有资源无法满足，需要重新进行网规网优以避免同频邻区干扰。

考虑到背包业务重上行轻下行的背景，可以配合 SUL 实现大上行传输。使用目前尚未占用的 SUL 授权频谱，例如 A 频段目前全国用的比较少，可以避免对现网的干扰。对于采用 SUL 的通信系统，在同一个小区内会配置一个 DL 频段（NR 频段）和 2

个上行频段（NR 频段 +SUL 频段）。在 NR 载波的上行覆盖比较好的情况下，终端会采用 NR 载波进行数据发送和接收。当超出 NR 载波的覆盖范围后，终端会采用 SUL 载波进行数据的发送。终端可以在 UL NR 和 SUL 之间动态选择发送链路，但是在同一个时刻终端只能选择其中的一条发送，不能同时使用两条上行链路。

本方案利用现有成熟的设备提供服务，技术上无风险，但是也有缺点如下：

1、存在政策风险，设备购买资格问题，转播车是否有购买设备的资格，存在政策风险；设备运营资格问题，因为需要使用授权频谱，频谱属于运营商，转播车企业能否直接使用设计授权频谱，目前没有可用政策。

2、设备运维能力要求高，5G 网络设备运维是一个比较专业的能力，会涉及到与现网无线的干扰问题，转播车企业通常不具备该运维能力，运维是一个大挑战。

授权频谱子方案评价见表 6 和图 11：

维度	程度	描述
商用部署	☆☆☆☆	部署时间短；一次投资，长期使用，基站和精简核心网费用高；扫频需要一定的人力和时间
政策适配性	☆	购买基站和精简核心网可能有风险；使用授权频谱需要通讯公司授权
传输时延	☆☆☆☆	点到点传输，传输时延可以达到 10ms
保证带宽	☆☆☆☆	独自占用空口资源，带宽可以保证。能够提供的带宽依赖于频宽
传输距离	☆☆☆	基本就是一个基站的覆盖范围，覆盖范围约 200-430 米左右
抗干扰性	☆☆☆☆	使用授权频谱，并且经过扫频，理论上可以避免
易用性	☆☆☆	通讯设备需要专业运维

表 6. 授权频谱子方案分析表

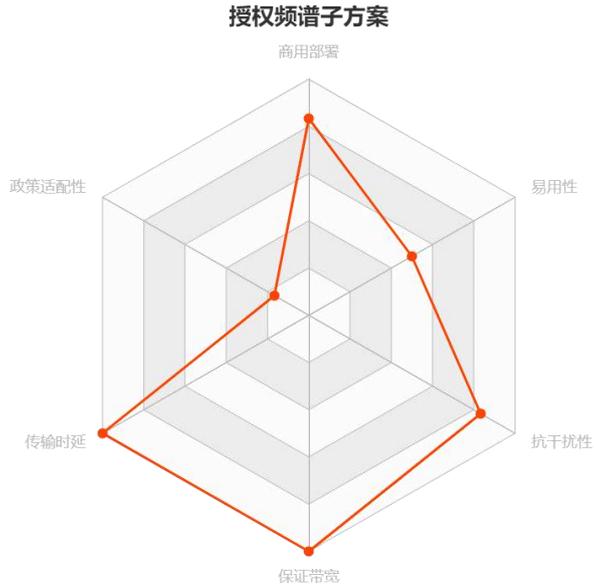


图 11. 授权频谱子方案评价图

3.4 非授权频谱子方案

3.4.1 技术说明

非授权频谱在保证不给其它用户带来干扰前提下, 满足标准的设备都可以接入和使用。为了弥补授权频谱资源不足, 3GPP 也充分考虑了如何利用非授权频谱补充无线接入能力, 提出了 NR-U。非授权频谱有很多应用技术, 如 WIFI 和 NR-U, 本章重点介绍 NR-U。

NR-U (NewRadio in Unlicensed Spectrum) 是 3GPP R16 新提出的工作于非授权频谱的 5G 空中接口技术, 定义了两种 NR-U 的典型模式: 混合组网模式和独立组网模式。

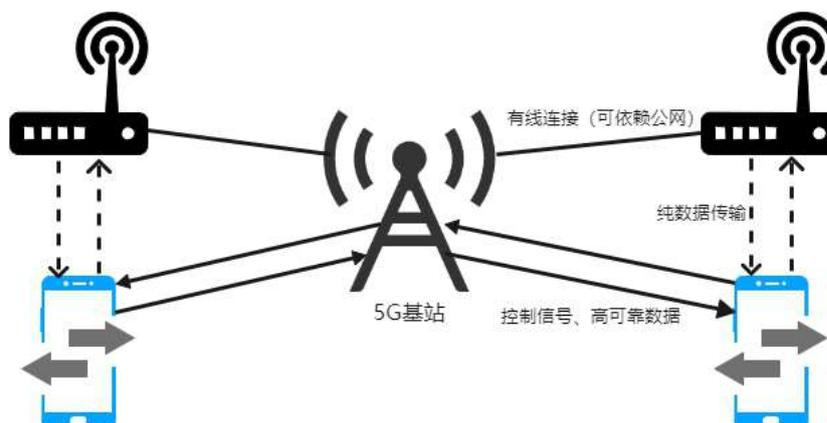


图 12. NR-U 混合组网

混合组网如上图实际上类似于双连接技术，它将 5G 授权频段作为锚点，并定义为 Pcell (Primary Serving Cell, 主服务小区)，Pcell 传送控制信令和高 QoS 数据，而非授权频段（例如 Wifi）定义为 Scell (Secondary Serving Cell, 从服务小区)，只传送数据，这样，既有 5G 系统的控制，又能充分利用非授权频谱提供的传输能力，从而大幅提升上下行速率。该组网方案比较适合人员密集的公共场所，如直播体育馆、购物中心等。

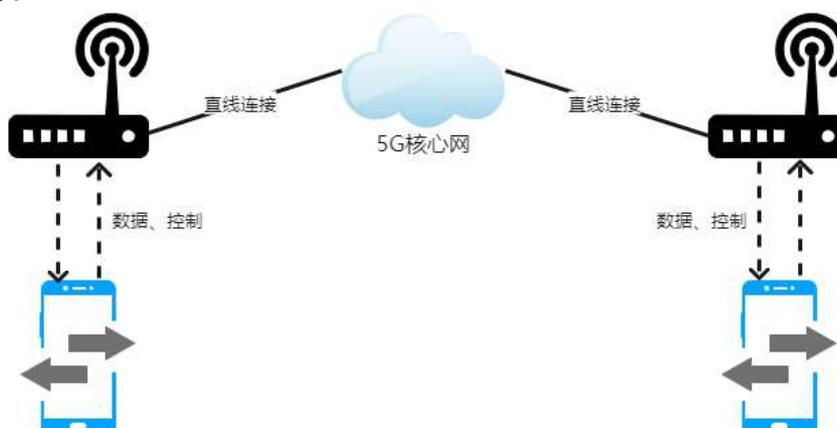


图 13. NR-U 独立组网示意图

独立组网如上图，由非授权频谱提供无线接入。该方案直接将权限放给 5G 私有网络，只要私有网络符合 3GPP 规范接口，就可以接入 5G 网络。极端情况下，核心网也可以是私有。

NR-U 技术的确好处明显，但是也面临着最大的问题和挑战：干扰的风险。由于是非授权频谱，无法保证独占这个频段。

3.4.2 方案分析

车载 5G 专网采用独立组网方案，基站和核心网统一部署在转播车里，与现存通讯网络完全隔离。

游动机位部署支持 NR-U 的 CPE 或者背包，把信号通过无线直接传递到 NR-U 基站，转发到车载 5G 专网的核心网，然后本地分流，在转播车进行内容导播和制作。

NR-U 部署可以采用如下频谱：2400 - 2483.5MHz 和 5725 - 5850MHz，这些频段可用于宽带无线接入（含无线局域网）等无线电通信系统。但是目前国内尚未发布 NR-U 的设备管理办法，可以参考 2400MHz 和 5800MHz 频段无线电管理要求，如果部署在室外环境且发射功率大于 20dBm（2400MHz）和 30dBm（5800MHz）的台站需要取得无线电台执照。

NR-U 方案就操作性而言，无需与通讯公司协商，所有人都可以免费使用，能够做到即开即用，的确是一个比较优质的方案，但是本方案目前也有如下缺点：

1、商用性不高。NR-U 的整个产业还不成熟，配套的设备都还没有上市；定制设备价格偏高。

2、容易干扰。非授权频段人人都可以使用，所以传输性能会受周围环境信道占用情况影响，传输质量无法确保。

3、带宽考虑。NR 非授权的信道带宽为 20MHz，若需要更大带宽需要进行载波聚合。若信道无占用，则性能与 5G 带宽相当。

非授权频谱子方案（NR-U）评价见表 7 和图 14：

维度	程度	描述
商用部署	☆	没有成熟的行业设备，如终端、基站等，目前落地比较困难；部署难度小。
政策适配性	☆☆☆☆☆	使用非授权频谱没有政策约束。
传输时延	☆☆☆☆	点到点传输，传输时延可以达到 10ms
保证带宽	☆☆☆☆	独自占用空口资源，带宽可以保证。能够提供的带宽依赖于频宽
传输距离	☆☆☆	基本就是一个基站的覆盖范围，覆盖范围约 200-430 米左右
抗干扰性	☆☆	使用非授权频谱，由于人人都可以使用，可能存在干扰
易用性	☆☆	通讯设备需要专业运维

表 7. 非授权频谱子方案分析表

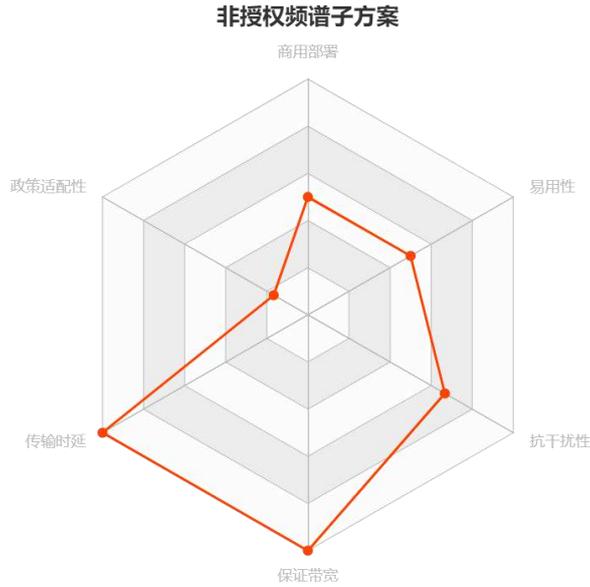


图 14. 非授权频谱子方案评价图

3.5 RAN sharing 子方案

3.5.1 技术说明

RAN Sharing 是一种网络共享架构，允许多个运营商根据商定的分配方案，共享网络的资源。共享网络包括无线接入网络，共享资源包括无线资源。共享网络运营商基于计划和当前需求，并根据服务级别协议 SLA，将共享资源分配给涉及的运营商。

用于 5G 系统的 RAN Sharing，在无线侧支持运营商使用多个 PLMN ID（即，具有相同或不同的国家代码（MCC），和具有不同的网络代码（MNC））或 PLMN 标识和 NID 的组合的能力。在共享的 NG-RAN 中，共享无线接入网络中的每个小区，应在广播系统信息中包括共享网络中的可用核心网络运营商信息。AMF 提供适合作为目标 PLMN 的 PLMN ID 列表，以在空闲模式小区（重新）选择时使用（向 UE 提供 UE 应视为等同于服务 PLMN 的 PLMN 列表，向 NG-RAN 提供许可 PLMN 的优先列表等）。UE 根据自己的订阅/签约信息，在共享网络的覆盖区域内选择该核心网络运营进行服务。

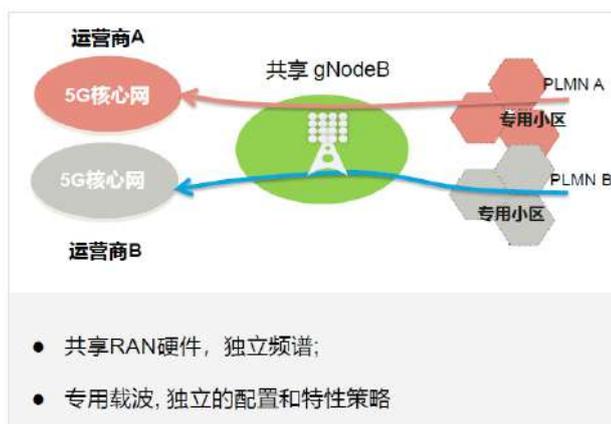


图 15. SA 架构，5G 分载频共享

3.5.2 方案分析

如图 16 所示，转播车抵达目标区域后，通过有线接入基站。由网管人员配置网管与基站，将转播车设为共享运营商，共享基站的频谱与硬件资源。该共享基站会在现有的 PLMN 基础上，额外广播一个转播车的 PLMN，例如 PLMN-8K。

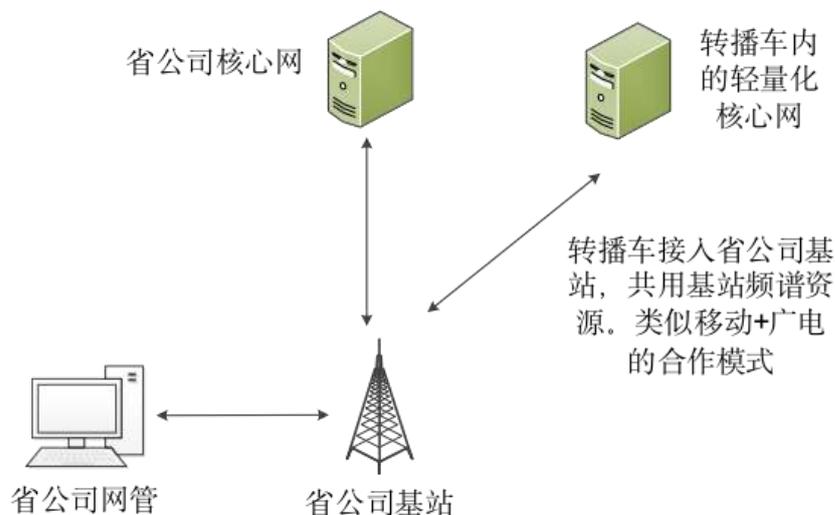


图 16. RAN shareing 子方案组网图

5G+8k 背包终端需要支持接入 PLMN-8K 的虚拟运营商网络。

假如场馆内是由多个基站覆盖，转播车需要连入所有的基站，以保障服务质量，并将上述基站都配置为共享运营商模式。核心网部分，使用公网 ToB 网络，确保直播回传质量，分别各自鉴权，互不干扰。

该方案需要将转播车接入覆盖场馆的所有基站，并修改基站的配置。

组网及业务方案：转播室内部将移动和广电的摄像机采集的视频流，分别采用回传技术

(5G,WiFi,微波) 接入转播车, 每个摄像机位使用一个单独的 SIM 卡。在转播车内, 可以区分出不同运营的视频流, 进行本地分流或者回传至源站, 进行全国分发。其中需要注意的问题是: 无线资源的固定划定和动态划定的技术方案, 如果设计不当, 可能造成共享资源争抢, 影响双方的视频流质量。

RAN sharing 子方案评价如表 8 和图 17:

维度	程度	描述
商用部署	☆☆☆	设备开通简便, 人员可快速到位快速部署, 终端不需要做更改, 正常接入即可
政策适配性	☆☆☆☆☆	完全遵循无线频率使用牌照规定的频段
传输时延	☆☆☆☆☆	端到端空口低于 10ms, 整体业务时延由于采取了本地分流, 所以可以降低很多
保证带宽	☆☆☆☆☆	几十 Mbps ~ 几百 Mbps 不等, 取决于场景
传输距离	☆☆☆☆	室外 (典型 2~3km) 和室内覆盖 (百米内)
抗干扰性	☆☆☆	推荐使用异频组网, 利用 5G 典型抗干扰能力
易用性	☆☆☆☆☆	部署灵活, 运维相对大网简单

表 8. RAN sharing 子方案分析表

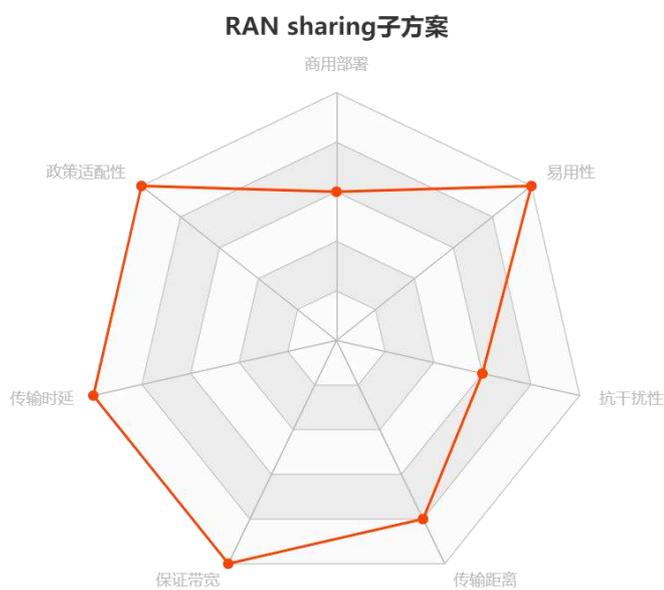


图 17. RAN sharing 子方案评价图

3.6 游牧基站子方案

3.6.1 技术说明

传统方案存在诸多弊端。卫星回传带宽受限，无法满足大容量需求，传输时延大，租金贵；光纤回传依赖运营商回传资源，缺乏灵活性；无法满足数据不出场和本地处理需求；设备笨重，价格昂贵，室内覆盖不佳。而游牧基站支持多种传输方式、具备本地分流和数据本地处理能力、灵活运输移动，适合室内外部署场景。尤其适合大上行、低时延、数据上互联网场景下的临时保障场景（体育大型活动，高负荷临时保障）行业临时保障场（电竞比赛）。

3.6.2 方案分析

影视拍摄大多在体育馆、会展中心或户外影视基地等，多机位移动，需实时回传至现场媒体平台进行决策和编辑，无线回传比有线回传方便。一般情况，在综艺节目录制过程中需要约几十台终端保持 20Mbps 速率传输，需大上行速率在 500Mbps。游牧式基站采用 4.9GHz iMacro，配置 1D3U 来支持大上行。同时还提供针对影视拍摄，地点多变，需要基站能够灵活移动，跟随摄制组工作地点灵活变动的能力。

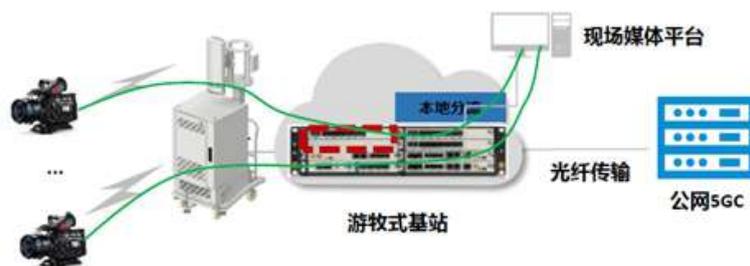


图 18. 游牧式基站组网方案

方案解决了移动端电竞的高密度、高频次、高互动对网络依赖。基于此，通过搭建真实的电竞赛事组网环境，搭载电竞业务，提供满足电竞业务的网络能力测试验证，进行了赛事典型业务场景下电信端到端业务验证。

游牧基站子方案评价如表9和图19：

维度	程度	描述
----	----	----

商用部署	☆☆☆☆☆	设备开通简便，人员可快速到位快速部署，终端不需要做更改，正常接入即可
政策适配性	☆☆☆☆☆	完全遵循无线频率使用牌照规定的频段，和运营商间共享协议
传输时延	☆☆☆☆☆	端到端空口低于 10ms，由于采取了本地分流，所以数据无需经过大网，可以降低很多
保证带宽	☆☆☆☆☆	几十 Mbps ~ 几百 Mbps 不等
传输距离	☆☆☆	由于是本地卸载，局域覆盖，所以不需要很远覆盖传输
抗干扰性	☆☆☆☆	外部干扰能力和 5G 一致，多运营商之间信号，无干扰
易用性	☆☆☆☆☆	部署灵活，只需要通过网管开通即可

表 9. 游牧基站子方案分析表

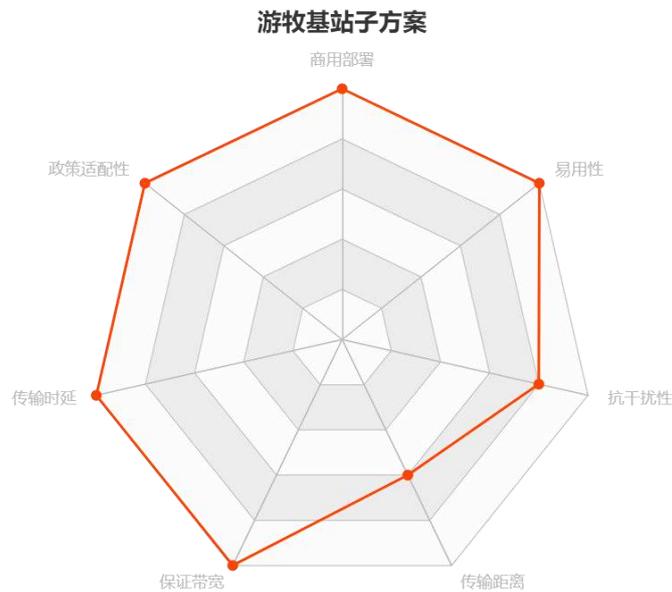


图 19. 游牧基站子方案评价图

4 应急通信车方案

4.1 技术说明

应急通信车作为服务社会通信应用的特出车辆，有着良好的机动、越野能力和环境适应能力，满足及时赶赴活动第一线的要求，随着 5G 等信息技术的发展，也呈现出了更新化的趋势。

4.2 解决方案

在 5G 现网能力不能满足回传需求的场景，通过 5G 应急通信车临时构建的 5G 能力完成信号传输，解决临时性覆盖或者扩容需求，并接入商用核心网。

5G 应急通信车内有整套 5G NR 设备，包括 5G BBU 和 AAU 等，通过有线形式连接现网核心网设备；游动机位采用 5G 背包进行数据传输，采用网络切片技术来保证传输质量。游动机位和 5G 背包连接在一起，游动机位拍摄内容之后，利用 SDI 接口传输信号到 5G 背包，5G 背包实时进行 H.264/H.265 编码，把编码后的视频流通过无线进行传输，经过 5G 应急通信车到达 5G 核心网；现场转播车拉专线到核心网设备，核心网分流之后通过光纤把视频图像传递到转播车。



图 20. 应急通信方案组网图

4.3 方案分析

5G 应急通信车可以提供 5G 专网服务，随需而至，灵活部署 5G 定制边缘云网，可以满足转播车短时间使用 5G 专网的需求，减少现场布线和组网的困难，降低成本。车载 5G 专网和正常部署的 5G 专网具备同样的安全能力。游牧基站子方案评价如表 10 和图 20：

维度	程度	描述
商用部署	☆☆☆	按天租赁价格较高，需提前租赁在现场布置和拉线等；报批流程麻烦且时间长
政策适配性	☆☆	需要当地运营商审批和协商频段

传输时延	☆☆	端到端传输时延能够达到 15ms; 最坏情况下, 端到端传输时延能够达到 30ms
保证带宽	☆☆☆	5G 最高下载速率能达到 1Gbps; 最高上行速率约为 100Mbps, 理论上满足需求
传输距离	☆☆☆☆☆	通信车型号不同会导致传输距离不同, 覆盖半径普遍在 1-10 千米
抗干扰性	☆☆☆	可能会存在同频干扰, 需要和当地运营商公司协调错频
易用性	☆☆☆☆	需靠近电缆和提前在现场部署, 可以满足即开即用

表 10. 应急通信方案分析表

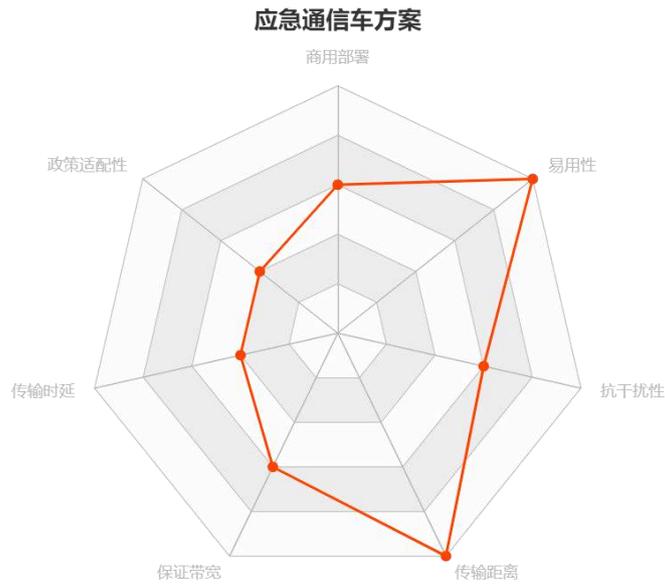


图 20. 应急通信方案评价图

5 微波解决方案

5.1 核心技术说明

微波通信 (Microwave Communication) 是使用波长从 1mm 到 1m 之间的电磁波进行通信的技术。微波通信不需要固体介质, 当两点间直线距离内无障碍时就可以使用微波传送。在现在世界的通信革命中, 微波通信仍是最有发展前景的通信手段之一。

由于微波在空中的传播特性与光波相近，遇到阻挡就被反射或被阻断，因此数字微波通信的主要方式是视距通信。受地球曲面和空间传输衰落较大的影响，需对信号进行多次中继转发（包括变频、中放等环节）才可实现远距离通信。



图 2. 微波组网

微波通信的优点：

1. 微波通信具有良好的抗灾性能。在发生水灾、风灾以及地震等自然灾害时，微波通信一般都不受影响。
2. 微波通信因其具备频带宽、容量大等特点，可用于各类电信业务的传送。

微波通信的缺点：

1. 传输距离受限，远距离传输需要中继转发。
2. 微波经空中传送，易受高楼、其他频段信号的干扰，因此微波通信必须在管理部门的严格管理下进行建设。

5.2 解决方案

作为一种重要的无线传输方式之一，微波传输能够满足游动机位的需求，是游动机位比较常用的一种传输方案。



图 3. 微波解决方案组网图

微波组网方案如上图，在摄像机和转播车侧分别安装摄像机微波发射器和接收器，用于完成摄像机产生的数据传递。摄像机产生数据之后，通过 SDI 接口传递图像到微波发射设备，微波发射设备利用 MPEG 技术进行数字图像编码，降低图像大小，然后基于 COFDM (coded orthogonal frequency division multiplexing) 进行调制，最后通过微波发送出去；微波接收器支持多路分集，从多个天线上接收到信号，对信号进行解调，然后进行解码，恢复数字图像，最后通过有线传输数据到转播车。

摄像机连接摄像机微波发射设备。摄像机微波设备采用与摄像机电池卡口相同的结构，挂于摄像机主机与电池间，使用摄像机电池供电，拆卸方便。安装摄像机微波接收器之后如下图 4:



图 4. 安装微波接收器后的摄像机

摄像机和微波设备之间支持 SDI、HDMI 等接口格式。根据环境和带宽等需求，有如下参数可选：

调制方式：设备一般支持 QPSK、16QAM、64QAM 调制方式。信道质量不好时，改变调制方式，牺牲传输效率和图像质量，从 64QAM 往下调整，直至 QPSK，编码效率从 7/8 逐步下降，直到 1/2，提高信号传输的可用性。

频段：多频段可选择，如 1427~1525Mhz, 3600~4200Mhz, 40400~5000MHz 等。不同厂家设备支持的频段都不同，设备通常预置了多个频点。为了避免干扰，需要进行频谱扫描，尽可能地避开已使用的频段。

单独部署摄像机微波接收器。因为微波要求视距通讯，所以微波接收器部署在场馆内，通常将接收机固定在三角架上或者放置在平台的物体上，与发射机之间最好无金属物体、建筑物等遮挡。转播车通常停靠在场馆外面，微波接收设备可通过 HDMI/SDI 线接入转播车，具体接入接口由设备决定。微波接收器支持多天线接收，利用分集技术提高无线链路可靠性。微波的传输距离与频谱、发射功率相关，参见具体设备的能力。

5.3 方案分析

对游动机位或者布线不方便的定点机位，5G 方案微波方案是一个可选方案，也是业界比较常采用方案之一。微波最大的优点能够保证无线带宽和时延，但是也有个最大的缺点：容易信号干扰，微波频谱容易受电磁信号干扰和物体阻碍，信号不稳定，容易导致画面出现马赛克或者静帧。

微波方案整体评价如表 1 和图 5：

维度	程度	描述
商用部署	☆☆☆☆	一次投资，长期使用；微波产品成熟，不存在商用风险；部署时间短
政策适配性	☆☆☆☆☆	成熟方案无政策风险
传输时延	☆☆☆☆☆	点到点短距离传输，时延较小，端到端时延可以小于 40ms
保证带宽	☆☆☆☆☆	独享带宽，特定设备的速率可以达到 1.5G，满足需求
传输距离	☆☆☆	摄像机微波传输距离不易过大，400m 之内可以保证质量
抗干扰性	☆☆	微波频谱容易受电磁信号干扰和物体阻碍，信号不稳定，存在干扰
易用性	☆☆☆	需要专人运维设备；接入微波设备比较简单

表 1. 微波解决方案分析表

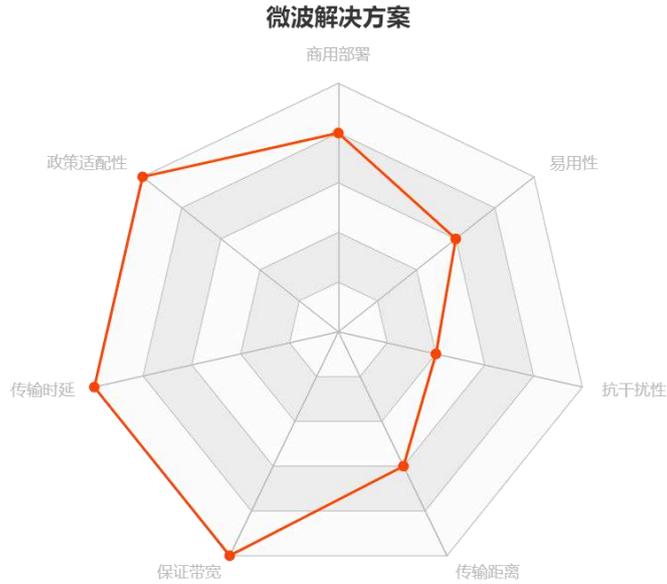


图 5. 微波解决方案评价图

相比使用 5G 传输，由于微波设备比较笨重，需要专业人员操作，在易用性上打了折扣。

相比 Wi-Fi 方案，微波使用授权频谱，可以保证带宽。

6 Wi-Fi 解决方案

6.1 核心技术说明

在移动互联网时代，WIFI 一直是人们学习、工作、生活、娱乐等方面不可或缺的刚需。在短短的 20 多年里，WIFI 的发展经历了六代，技术标准高度成熟，应用非常广泛，最高速率也由 WIFI1 的 11Mbps 进化至 10Gbps。WIFI 技术发展历程如表 2 所示：

WIFI 名称	协议	发布年份	最高速率	特点描述
WIFI1	802.11	1997 年	11Mbps	仅仅只是一种无线通信的标准
WIFI2	802.11b	1999 年	54Mbps	实际应用速率已达到了 11Mbps，但商业应用有限
WIFI3	802.11a/g	2003 年	54Mbps	基于 OFDM 调制技术，在笔记本上开始配置是 WIFI 高速应用的第一个时期，实现了 WIFI 真正意义上融入大众
WIFI4	802.11n	2009 年	600Mbps	基于 MIMO 技术，传输速率大幅提升。此

				时期, 智能手机出现, 应用与技术相互促进, 无线局域网技术发生了天翻地覆的变革, WIFI 成为不可或缺的生活需求
WIFI5	802.11ac	2014 年	7Gbps	技术进一步发展, 基于高阶 QAM 和高阶 MIMO, 带宽进一步提升。特别是 2015 年发布的 802.11ac Wave2 版本, 引入了下行方向的 MU-MIMO 模式, 无线传输从 1 对 1 扩展到 1 对多
WIFI6	802.11ax	2019 年	10Gbps	物理层继续优化, 基于用户场景进行了多方面的开发, 组网部分引入了大量的 LTE 技术, 典型多用户场景的性能进一步得以提升

表 2. WIFI 的发展历程

WiFi 6 技术在数据传输速率上的提升毋庸置疑, 其对网络资源的优化主要集中在 AP 及其连接的 STA 构成的网络系统上, 其优势主要体现在 4 个方面:

1. 数据传输速率提升: OFDMA 技术允许同一信道发送不同类型的流量, 提高了信道利用率, 1024-QAM 则提高了星座图每个点的可携带数据量, 二者从提高数据吞吐量的角度提高了数据传输速率; MU-MIMO 技术提高了可同时连接 STA 数量, 避免了传统网络排队传输的情况, 有效利用了闲置带宽, 从网络整体上提高了数据传输速率。
2. 网络稳定性提升: OFDMA 技术通过指定上链、下链多用户作业, 提供了四倍于 OFDM 的 FFT、更窄的子载波间距以及更长的符码时间, 改善了多路径衰减环境以及室外的稳定性和性能; BSS-color 通过将网络分组, 减少了同频干扰, 并利用目标唤醒时间技术, 有效避免了 STA 之间不必要的竞争, 提升了网络性能。
3. 网络安全性提升: WiFi 6 使用了新的安全协议 WPA3, 让用户在接入公共网络时, 通过个性化数据加密增强用户隐私的安全性, 同时将密码算法提升至 192 位的 CNSA 等级算法, 使得黑客无法窥探用户流量, 难以获得私人信息。
4. 功耗降低: WiFi 6 协议中使用了 BSS 快速识别技术、动态 CCA 门限技术以及目标唤醒时间技术, 解决了密集环境下路由器连接过程中需解码大量无用信号的问题并实现了路由器动态调整功率, 极大地降低了功耗。

6.2 解决方案

选用支持 Wi-Fi-6 的路由器, 游动机位摄像机和转播车接收设备均通过无线传输功能连接到 Wi-Fi-6 路由器, 形成一个局域网, 完成游动机位信号到现场转播车的信号传输, 具体如图 1 所示:



图 6. Wi-Fi-6 组网方案图

6.3 方案分析

Wi-Fi-6 方案适用于小型体育场馆和小型音乐厅等小型室内无线网络, 存在部署简单、成本低、干扰少和峰值速率高的优点, 但是也存在连接范围短、跨区网络建立连接慢等缺点。Wi-Fi 解决方案评价如表 3 和图 7:

维度	程度	描述
商用部署	☆☆☆☆	Wi-Fi 路由器设备成熟成本低, 部署时间短, 所需人员成本少; 但支持 Wi-Fi-6 的摄像机较少, 且传输范围小, 不适合远程的传输
政策适配性	☆☆☆☆☆	无政策限制
传输时延	☆☆☆	平均时延 20ms, 受距离影响大
保证带宽	☆☆☆	单流带宽 1201Mbps, 最大带宽 9.6Gbps, 受距离影响大
传输距离	☆	普通 Wi-Fi6 路由器室外传输距离在 300-400 米
抗干扰性	☆☆	信道着色技术, 给每一个设备独立标注, 然后在数据中加入相应标签, 允许多个 AP 在统一信道运行互不干扰; 穿墙能力差, 一堵墙会让 Wi-Fi6 传输距离降低到 50-100 米
易用性	☆☆☆☆	需现场组网调配, 使用方便, 无需后续运维

表 3. Wi-Fi 解决方案分析表

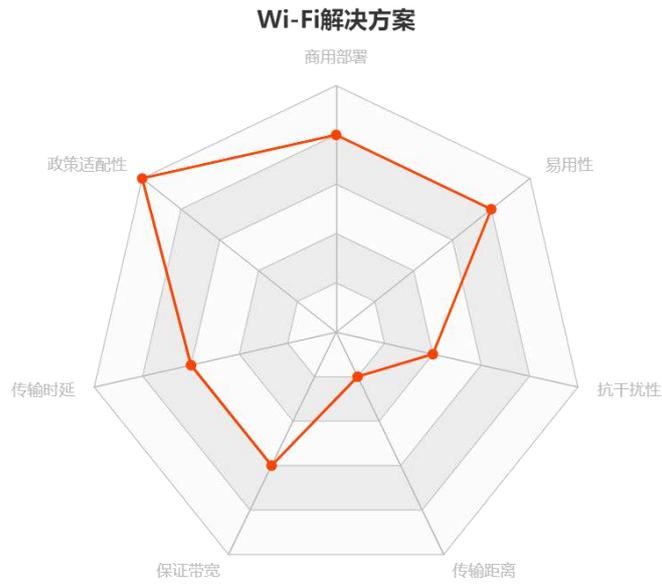


图 7. Wi-Fi 解决方案评价图

7 总结

方案	商用部署	政策适配性	传输时延	保证带宽	传输距离	抗干扰性	易用性
5G 公网专用切片	易	强	中	中	远	强	易
授权频谱	易	弱	小	大	中	强	中
非授权频谱	难	强	小	大	中	中	中
RAN sharing	中	强	小	大	远	中	易
游牧基站	易	强	小	大	中	强	易
应急通信	中	中	小	大	远	中	易
微波	易	强	小	大	中	中	中
Wi-Fi	易	强	中	中	近	强	易

直播车无线传输方案有很多类型和实施变化，本文只列举了部分通用技术和方案，无法覆盖所有技术和方案。不在本文描述的技术和方案，并不代表不重要，如卫星通讯，在直播中应用也比较广，后续可以补充。

上面所述方案都有适用场景，但一个方案未必满足所有需求，在具体的应用场景中，根

据现场情况、具备的资源、技术能力、业务带宽和时延要求、部署时间要求等等，可以组合多个方案和技术，满足实际需求，如微波和 5G 公网专用切片组合，微波提供移动机位的传输，5G 公网专用切片提供转播车到云端的传输；也可以采用主备方案共存，满足高可靠性，如游牧基站做主方案、NR-U 做备方案，在网络拥塞时自动切换传输网络。

业务需求在变化，传输技术在变化，转播车传输方案也会持续变化。

8 参考

[1] 3GPP. 3GPP TS 37.213 V17.3.0, Physical layer procedures for shared spectrum channel access[S]. 2022.

[2] Lagen S , Giupponi L , Goyal S , et al. New Radio Beam-based Access to Unlicensed Spectrum: Design Challenges and Solutions[J]. arXiv, 2018.

[3] Global update on spectrum for 4G & 5G[R/OL].2020.

[4] Wi-Fi Alliance. Wi-Fi 6 Release 2[EB/OL].2022.