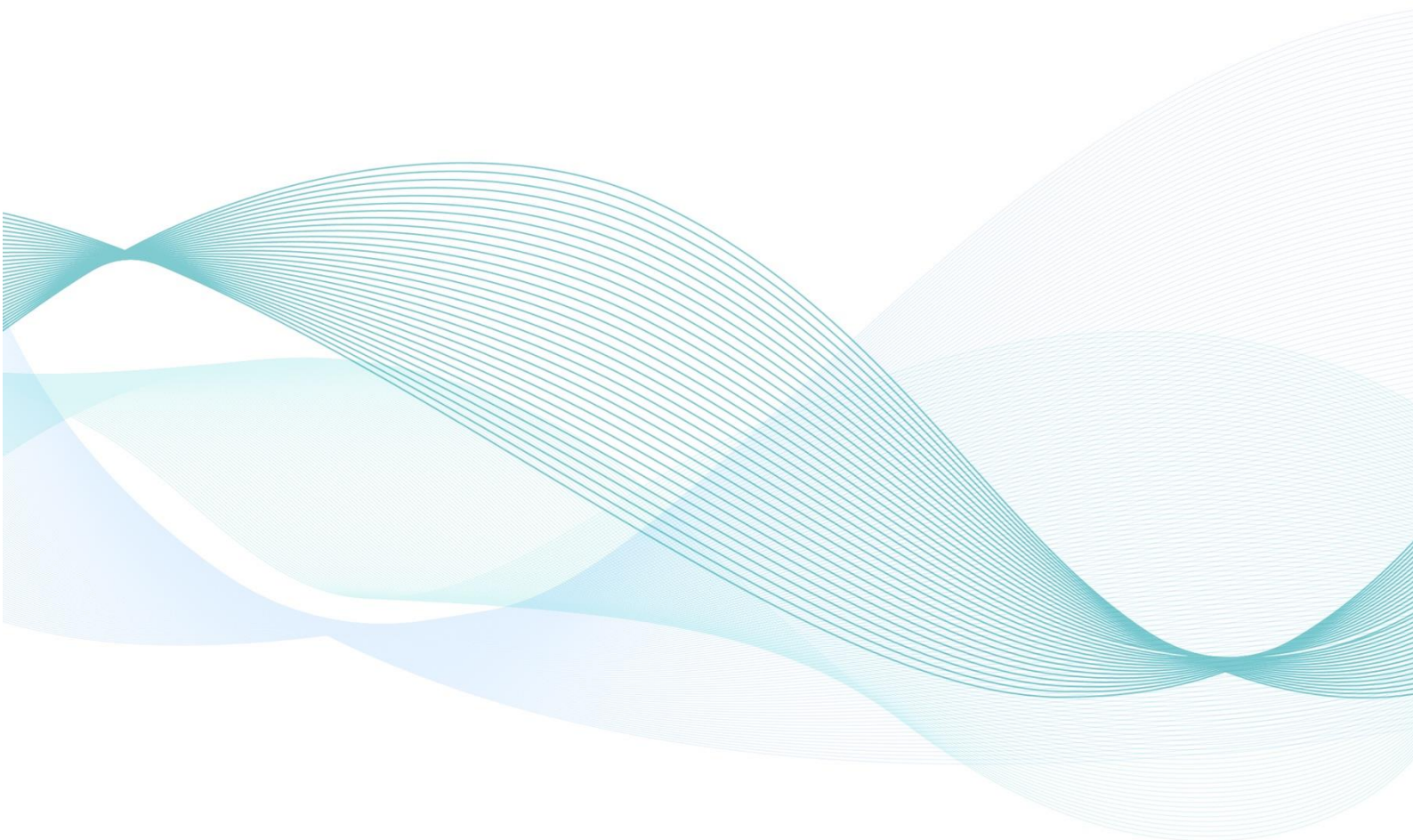




星闪无线短距通信技术（SparkLink 1.0） 产业化推进白皮书

2022年8月



参编单位（按拼音字母顺序，排名不分先后）

翱捷科技股份有限公司、北京小米移动软件有限公司、北京新能源汽车股份有限公司、北京中科晶上科技股份有限公司，重庆大学、广州汽车集团股份有限公司、广州视源电子科技股份有限公司、国家无线电监测中心检测中心、国汽（北京）智能网联汽车研究院有限公司、海信集团控股股份有限公司、湖南国科微电子股份有限公司、华为技术有限公司、联想科技股份有限公司、OPPO 广东移动通信有限公司、青岛海尔科技有限公司、上海数字电视国家工程研究中心有限公司、上海移远通信技术股份有限公司、深圳艾灵网络有限公司、深圳市极致汇仪科技有限公司、深圳市腾讯计算机系统有限公司、深圳闪联信息技术有限公司、四川爱联科技股份有限公司、TCL 科技股份有限公司、腾讯音乐娱乐科技（深圳）有限公司、中国电子技术标准化研究院、中国第一汽车集团有限公司、中国科学院沈阳自动化研究所、中国信息通信研究院、中国移动通信集团有限公司、中汽研软件测评（天津）有限公司、紫光展锐科技有限公司

版权声明

本白皮书版权属于星闪联盟并受法律保护。转载、摘编本白皮书文字或者观点的应注明来源：“星闪无线短距通信技术（SparkLink1.0）产业化推进白皮书”，以其他方式使用本白皮书应取得版权方书面同意。违反上述声明者，星闪联盟将追究其相关法律责任。

前 言

无线短距通信是指在局部区域内，如家庭、办公室、实验室、建筑物内、校园、车间或工厂等，两个无线设备间的通信，这些设备间的距离通常在10~20m以内。无线短距通信使得用户在有限空间内位置移动的同时，始终保持着通信链接。在过去30年间，无线短距通信迅速发展，市场规模巨大。2019年，全球无线短距通信芯片发货量达111亿片，预计2023年将超过160亿片。而随着智能汽车、智能终端、智能家居和智能制造等产业的快速发展，综合考虑产品的生产、制造、应用、销售和维护等全生命周期环节、用户使用习惯和便利性等因素，各应用领域出现越来越多的无线化诉求和趋势，现有的无线短距通信技术在时延、可靠性、同步精度、安全性等方面已无法满足新兴场景的演进需求。星闪联盟在此背景下成立，针对行业需求痛点提出新一代无线短距通信技术，简称为“星闪（SparkLink）”。星闪支持两种空口接入技术，分别称为星闪基础接入技术（SLB）和星闪低功耗接入技术（SLE）。其中，SLB可支持20 μ s的单向时延、99.999%的传输可靠性和1 μ s的同步精度；SLE可支持250 μ s的双向交互、低至-110dBm的接收机灵敏度 and 多达256个用户的并发接入。

本白皮书分享了星闪技术在智能汽车、智能终端、智能家居和智能制造等4个领域的典型适用场景，并分析了各场景对无线短距通信技术提出的需求及挑战。白皮书还介绍了星闪1.0技术标准体系和相关产业链的进展。星闪1.0系列标准已于2021年底制定完成，其构建了基于星闪接入层、基础服务层和基础应用层在内的核心端到端架构。产业上，基于星闪1.0技术的原型验证系统（车载主动降噪原型系统、5.1无损环绕声场原型系统、低时延高清投屏原型系统、5G+星闪融合的电机同步控制原型系统）相继推出并引起业界广泛关注；星闪通信芯片按计划将在2022年推出。星闪技术的产业化呈现明显的加速趋势。

针对智能汽车、智能终端、智能家居和智能制造等领域不断演进的应用需求和关键技术挑战，星闪无线短距通信技术将持续演进，当前已启动星闪2.0技术的标准化工作。旨在完善技术指标，丰富技术特性，对接和适配更多行业应用和场景的需求，构建更加丰富的产业生态。

目 录

1	无线短距离通信技术的市场和价值分析	2
1.1	无线短距通信技术的市场现状	2
1.2	星闪技术的发展机遇	3
2	星闪技术的应用场景和需求	5
2.1	智能汽车	5
2.1.1	无线主动降噪	6
2.1.2	车机互联	7
2.1.3	车内AR/VR与云交互	7
2.1.4	汽车无钥匙进入与启动	7
2.1.5	车载免提通话与车载娱乐系统	8
2.1.6	无线电池管理系统	9
2.2	智能终端	10
2.2.1	手机与耳机无线音频传输	10
2.2.2	可穿戴设备文件传输与操控	11
2.2.3	无线投屏	11
2.2.4	实时手机游戏场景	12
2.2.5	定位与感知	13
2.3	智能家居	14
2.3.1	智能音箱音频	14
2.3.2	智能电视/视频投屏	15
2.3.3	摄像机/可视类	15
2.3.4	电工照明类	16
2.3.5	全屋网络智能	16
2.3.6	智能家居空间场景化	17
2.3.7	家庭隐私保护	18
2.4	智能制造	19
2.4.1	产线设备控制	20
2.4.2	大规模数据采集	21
2.4.3	工业检测	21
2.4.4	AGV远程控制	22
2.4.5	设备智能巡检	22
2.4.6	流程制造的过程控制	22

3	星闪技术及标准化介绍.....	23
3.1	星闪RELEASE 1.0系列标准概述.....	23
3.2	星闪RELEASE 1.0空口和上层协议介绍.....	24
3.3	星闪技术演进与标准化路径.....	26
3.4	星闪无线频谱需求.....	26
4	星闪技术产业化进程.....	27
4.1	星闪产业链构建.....	27
4.2	产业进展.....	28
4.2.1	样机及芯片.....	28
4.2.2	测试与授权.....	30
4.2.3	星闪Openlab开放实验室建设.....	30
4.2.4	典型应用落地节奏.....	31
5	总结与展望.....	31

缩略语

AGV	Automated Guided Vehicle	自主导航车辆
AIoT	Artificial Intelligence & Internet of Things	人工智能与物联网
ANC	Active Noise Controller	主动噪声控制器
AR	Augment Reality	增强现实
CPE	Customer Premise Equipment	客户前置设备
CAGR	Compound Annual Growth Rate	复合年均增长率
DToF	Direct Time of Flying	直接飞行时间
EUC	Electronic Control Unit	电子控制单元
IMU	Inertial Measurement Unit	惯性测量单元
IVI	In-Vehicle Infotainment	车载信息娱乐系统
LDAC	Low Delay Audio Codec	低时延音频编解码
MIPI	Mobile Industry Processor Interface	移动产业处理器接口
MTP	Motion to Photons	运动到显示
NR	New Radio	新空口（3GPP 5G通信标准）
OSI	Open System Interconnection	开放系统互联
PDA	Personal Digital Assistant	个人数字助手
PEPS	Passive Entry Passive Start	无钥匙进入及启动系统
PLC	Programmable Logic Controller	可编程逻辑控制器
RMSE	Root Mean Square Error	均方根误差
SINR	Signal Interference Noise Ratio	信噪比
SLAM	Simultaneous Localization And Mapping	同时定位与地图构建
SLB	SparkLink Basic	星闪基础接入技术
SLE	SparkLink Low Energy	星闪低功耗接入技术
SoC	System-on-Chip	片上系统，系统级芯片
T-Box	Telematics Box	远程信息处理器
TWS	True Wireless Stereo	真正无线立体声
VR	Virtual Reality	虚拟现实
VST	Virtual Studio Technology	虚拟工作室技术

1 无线短距离通信技术的市场和价值分析

1.1 无线短距通信技术的市场现状

无线短距通信是指在局部区域内，如家庭、办公室、实验室、建筑物内、校园、车间或工厂等，两个无线设备间的通信，其设备间的距离通常在 $10\sim 20$ m 以内，且可能存在障碍物。无线短距通信使得用户和短距通信设备可以在有限空间内低速移动，且始终保持着网络连接。现有的典型无线短距通信主要包括 WiFi、蓝牙和近场通信（NFC）等技术。通过网关，用户和短距通信设备还可以连接到整个互联网。无线短距通信在智能汽车、智能家居、智能终端、智能制造、智慧城市、智慧农业等多领域有着普及性的应用。根据 IDC 数据，到 2022 年，全球典型的无线短距芯片出货量将达到 100 亿颗以上。

汽车在新四化“智能化”“网联化”“电动化”“共享化”变革下深度协同，支持感知-决策-执行层的车内通信和车外连接铸就智能化和网联化底座，全球支持自动驾驶的汽车市场规模将快速攀升。汽车内部感知融合、外在网联通信等需要车内传感器/控制器/执行器之间、车辆和车外设备之间进行信息传递，由此每辆汽车对无线短距通信芯片的需求约 30 片，总体需求每年以十亿来计量。

在移动互联时代，由于手机换机周期拉长，全球智能手机总体出货量稳定，维持在 14 亿部左右。随着光学、显示、射频、散热和电磁屏蔽等功能元器件和无线充电等方面的创新，智能手机出货金额保持稳定上行的趋势。智能穿戴设备将多媒体、传感、无线通信、云服务等技术与日常穿戴相结合，辅助智能终端，实现用户交互、娱乐、健康等功能。IDC 预测¹，2024 年可穿戴设备全球出货量将达到 6.37 亿台（按 CAGR 12.4% 计算），带来无线短距通信芯片的每年亿计的需求。其中 TWS 智能耳机作为语音交互的重要载体，集成各种智能应用，有望成为智能手机之后的消费电子热点。

进入物联网时代，智能手表、智能音箱和 AR/VR 眼镜等 AIoT 产品品类爆发，分流部分手机功能，同时创造新增需求，智能音箱在语音交互和互联网服务取得突破，智能手表持续深挖儿童、健康和运动功能，智能家居从单品走向全屋智能。考虑到如智能安防和智能光感等领域尚处于成长期，IDC 预测智能家居到 2025 年的 CAGR 为 15.8%（根据 Statista 数据）²，对无线短距通信芯片的总体需求每年以十亿来计量。

¹ <https://new.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS46885820>

² <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prCHC47996821>

智能制造中的工业通信网络包括设备级、现场级、车间级、工厂级和企业级，分别覆盖不同大小的区域，主要负责双向传输生产制造、物流仓储等众多环节的大量信号和数据。现代化工厂网络结构复杂，布线、运营和维护成本高，在移动数据采集场景下，无法部署线缆或部署不方便。无线通信是有效的解决方式，Juniper Research³预计 2025 年全球工业物联网的短距连接数将达 370 亿个。

1.2 星闪技术的发展机遇

高质量的网络连接将驱动物联网和工业互联网的发展，结合云计算和人工智能，创造全新的经济生态、关键基础设施、生产制造和服务体系、新型应用和消费模式，在此过程中，会产生新的应用场景和需求，由此对无线短距通信技术提出了新的要求和挑战。下面以智能汽车、智能终端、智能家居和智能制造为例进行介绍。

智能汽车近年来在新四化方向上发展迅猛，车载功能日益丰富。随着自动驾驶、座舱交互等功能的持续增强，以及电子电器架构不断演进，车内通信的节点数及通信性能要求在不断提高。传统车内有线通信技术的发展瓶颈日益明显。这表现在节点数的增加致使线束长度的不断增加，进而引起线束成本大幅提升、整备质量提高以及人工安装成本提高。而且随着连接点的增加，受限于线束连接的客观限制，部件安装位置的灵活性将受到极大制约。据估计中等豪华车平均连接点超过 4000 个，并且由于人工安装接插件，这也不可避免地引入了可靠性风险。

因此，为了有效满足车辆在制造生产过程中的成本控制、灵活部署、降低重量等方面的诉求，以无线通信替代部分有线通信完成数据传输和控制功能成为产业界发展重点。随着场景需求的不断提升，车内通信的无线化也对无线短距通信技术在低时延、高安全、高可靠、抗干扰、大连接等方面提出了更高要求。例如，无线化的车载主动降噪业务要求噪音源麦克风到处理器再到头枕扬声器的端到端时延在百微秒，单向通信时延在二十微秒，而现有无线短距技术对应时延在几十毫秒量级，之间存在 2-3 个数量级差距。再例如，新能源汽车的无线电池管理系统需要对全车百节量级的电池进行安全监控和充放电过程控制，因此在连接数、可靠性、高安全性以抗干扰层面都对无线短距通信技术同样提出了极高要求。

智能终端方面，智能手机、手表手环、耳机、笔记本和平板电脑等已成为常见的智能终端设备，多屏协同实现设备之间的同步操作和联合操控进而带来沉浸式的体验，已

³ <https://www.juniperresearch.com/press/industrial-iiot-connections-smart-factories>

经成为智能终端黏着用户的主要卖点特性。在这类场景下，需要保证多设备的高精度同步和毫秒级低时延，同时兼顾高速率大数据量的音视频传输和小数据低速率的业务控制，以及多设备之间干扰规避，传统无线短距通信技术难以满足。

可穿戴设备，如耳机和手环等，受设备体积限制，需要同时满足高质量音频传输（中等速率）、组播、低时延操作类业务交互、抗干扰和苛刻的功耗需求，传统无线短距通信技术多考虑单一或少数性能的极限优化，很难兼顾。

通过计算机构造出来的虚拟环境的 VR 技术在实际使用中，由于网络传输等问题，会出现转动画面与实际肢体运动存在时延的问题，使用者会产生不适感，影响用户体验。随着云计算和边缘计算成熟，本地 VR 也将向 Cloud VR 转变，对于网络时延和可靠性要求将会更高，传统短无线距通信技术难以满足。

智能家居方面，以客厅为入口的智能家居逐渐成为家庭网络中心，智能音箱、智能电视以及其它智能家电之间的互动连接逐渐普及。为了实现沉浸式的用户体验，高保真音质和环绕声场要求智能音箱无线短距连接速率达到 18 Mbps，多音箱之间达到微秒级同步，现有低功耗短距技术在高速率支持上天然不足（主流版本音频速率最高到 328kbps），异步接入技术框架在多设备同步方面存在能力不足。此外，家居场景通信对于数据传输的安全可靠以及隐私保护也有高要求，随着家庭设备的增加，室内干扰增加，对传输可靠性也提出挑战。

智能制造方面，通信技术的发展是智能制造产业升级的关键方向，在柔性生产、灵活部署、降本增效、低碳的驱动下，对高性能、具有灵活组网能力的无线网络需求日益迫切。以工业现场网为例，为了实现产线的数据采集以及信令控制，需要将现场设备（如传感器、执行设备等）与控制设备（PCL、DCS 控制器等）进行互联，形成工业通信网络。工业现场级通信网络对于确定性时延、实时性、可用性及可靠性有着严苛要求，传统技术一般采用有线连接。但随着工业场景的智能化升级，传感器、执行器的数量增多且部署位置也变的更加灵活，有线连接在线缆安装与维护成本、部署灵活性、可达性以及恶劣环境（如高温）下的可靠性等方面都暴露出诸多问题。业界也在寻求使用无线通信替代有线通信的方法。众多案例表明低时延、高可靠、高安全和多点同步的无线短距通信能力是关键因素。但现有无线短距技术在时延方面约为数十毫秒，在多节点密集组网场景下很难兼顾高速率和确定性的服务质量。

综合上述分析，随着新场景的不断涌现，包括智能汽车、智能终端、智能家居以及智能制造在内的多应用领域在低时延、高可靠、精同步、高速率、多并发、高信息安全

和低功耗等方面都对无线短距通信技术提出了更高的通信要求。现有主流无线短距通信技术，如蓝牙的速率和时延等劣势、WiFi 的异步和系统效率等问题都导致其无法满足相应场景的传输要求。行业和社会亟需更加匹配业务需求和发展趋势的无线短距通信技术，星闪技术在此需求背景下应运而生。

星闪无线通信技术（以下简称“星闪技术”）是全栈原创的新一代无线短距通信技术，相关标准由星闪联盟负责制定。星闪提供两种空口接入技术：星闪基础接入 SLB 技术和星闪低功耗接入 SLE 技术。星闪技术顺应包括智能汽车、智能家居、智能终端和智能制造在内的多应用领域的产业发展趋势，可满足新兴场景提出的超低时延、高可靠、高速率、抗干扰、高安全、精准同步等的严苛要求。本白皮书将在第二章介绍星闪技术的典型适用场景及需求，第三章介绍星闪技术的关键技术特性及标准化，第四章介绍星闪技术的产业化进程。

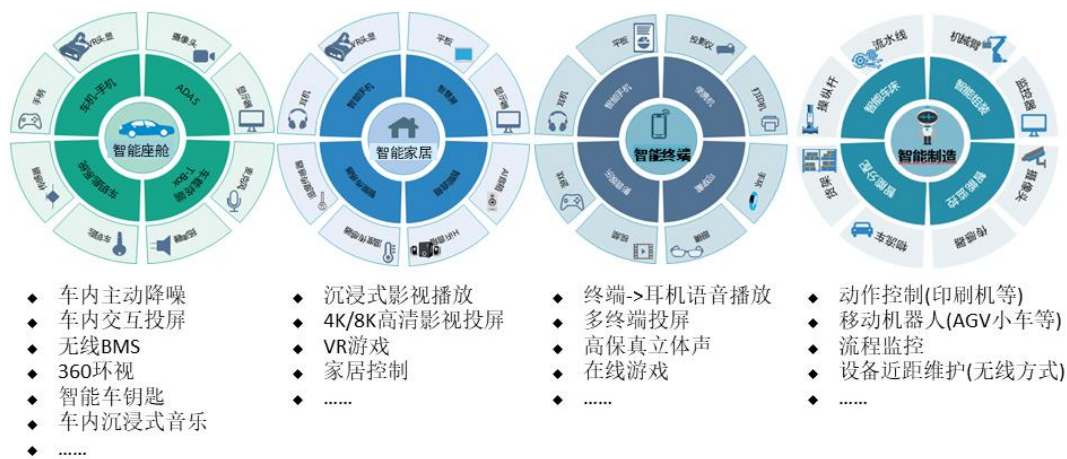


图 1 星闪技术应用场景示例

2 星闪技术的应用场景和需求

本章以智能汽车、智能终端、智能家居和智能制造四个领域为例，重点介绍星闪技术的典型适用场景及业务需求。

2.1 智能汽车

近年来，汽车的功能和使用方式正在发生深刻的变化，由单纯的交通工具转变为移动的智能空间，汽车正朝着“数据决定体验，软件定义汽车”的方向发展。当前汽车的电子电气架构不断演进，自动驾驶功能、座舱交互功能等不断丰富，高性能的控制器在增

加，分布式ECU逐渐向集中式域控制器演进。根据1.2节介绍，传统车内有线通信技术存在成本高、部署不灵活、整备重量高等问题。当前，部分车内通信业务正呈现出从有线通信向无线通信加速演变的趋势。典型的车内无线通信场景包括：

- 1) 座舱娱乐类，如无线主动降噪，无线娱乐投屏，多声道无损音质传输等；
- 2) 信息辅助类，如流媒体后视镜，全景环视等；
- 3) 舒适便利类，如灯光控制等；
- 4) 车载安全类：如电池管理系统等。

对星闪技术需求总结见表 1，具体场景的介绍见2.2.1至2.1.6。

表 1 车载应用的通信要求

	业务需求	单向时延	传输可靠性 (块成功率)	传输速率
无线主动降噪	48kHz音频，量化比特应> 16比特，宜24比特； 至少12路麦克风和13路扬声器；	<20μs	≥99.999%	≥ 768kbps
车机互联 (视频)	至少1080视频，宜4K； 至少2路投屏，宜4路投屏，至少2个设备分别投屏；	<2ms；	≥99.999%	应>10 Mbps/路，宜>53.1 Mbps/路；
车机互联 (音频)	至少4路扬声器	<15ms	≥99.999%	应>320kbps，宜1.4Mbps，可18Mbps
车内AR/VR 与云交互	视频，终端侧操控指令	<2ms	≥99.999%	应> 12.4Mbps，宜> 53.1Mbps
免提通话与 娱乐	至少4路麦克风和4路扬声器	≤25ms	≥99.999%	单路 ≥5.9kbps，最大128kbps
无钥匙进入 与启动	支持端到端安全防护,具有低功耗要求	<50ms	>99%	≥20kbps
无线电池管 理系统	管理和监控电池组的核心参数和状态，电池组充放电过程控制 (在线诊断与预警、均衡管理、热管理)	<2ms/节点	≥99.999%	至少≥ 3.8Mbps，宜支持10Mbps以上；

2.1.1 无线主动降噪

与依靠密封和减震等手段的被动降噪技术不同，车载主动降噪技术的原理如图 2所示，测量进入接受者耳部的环境噪音（如发动机噪声、路噪、风噪）的波型，通过计算，主动噪声抑制控制器（ANC）在接受者耳部产生一个幅度相同相位相反的声波，从而使

合成声波的振幅降低，达到中和噪音和降噪目的。现有采用有线连接的车载主动降噪系统，容易受线束走向以及布置的约束，其在重量和成本上都存在劣势。考虑到系统涉及多麦克风、多扬声器、ANC控制器以及其他车内感知设备的连接，从降本减重以及灵活部署等维度看，无线传输方案存在明显优势。

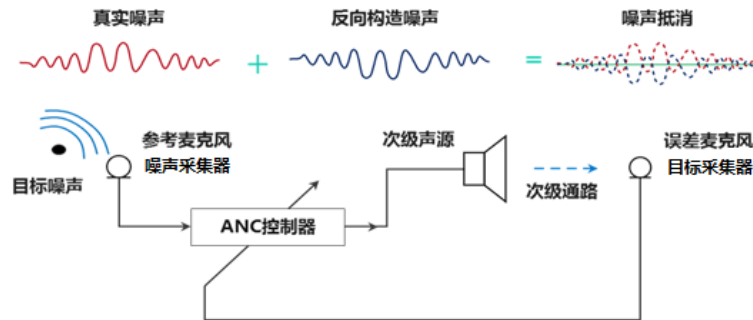


图 2 车载主动降噪原理

基于星闪的无线主动降噪系统将麦克风、次级声源、ANC控制器线缆连接的通信线路都变成无线连接，不受线束走向和布置的约束，降低设备重量和安装成本。无线通信要求单向传输时延不大于 $20\ \mu\text{s}$ 量级⁴，可靠性达到有线连接效果，多传感器的同步精度在 $1\ \mu\text{s}$ ，数十路信号并行传输。

2.1.2 车机互联

手机端通过星闪技术与车载通信终端建立连接，将内容投屏到车载显示器上，通过车载显示器、物理按键或语音命令可以操作手机里的导航、视频、音乐和游戏等功能。

2.1.3 车内AR/VR与云交互

AR/VR智能终端通过星闪技术与车载通信终端及云端建立通信连接，车载通讯终端为智能终端提供网络链接，云端为智能终端提供云化处理能力，包括AR/VR应用场景中的数据处理、渲染等。车内AR/VR终端与云交互的信息内容如下：

- AR/VR智能终端向云端的传输内容：本地化实景信息、终端侧操控指令、交互同步信息等。
- 云端向AR/VR终端的传输内容：渲染处理结果、交互同步信息等。

2.1.4 汽车无钥匙进入与启动

⁴ 仿真研究表明，通信和信号处理引入 $20\text{-}50\ \mu\text{s}$ 时延会导致 $5\text{-}10\ \text{dB}$ 的额外降噪性能损失。

无钥匙进入及启动系统(PEPS)采用星闪技术,实现无需按动遥控器即可进入车内,以及一键启动发动机等功能,具体如下:

- 车辆钥匙功能:迎宾、自动解锁、自动闭锁(离开),车内防盗上电(自动,可根据应用需要设定功能);
- 位置感知与测距:识别车内、车外区域位置,测量钥匙或手机的距离,精度到cm级别。
- 车主只需按动按键或旋转旋钮即可启动发动机;
- 低功耗:降低车载控制模块、智能钥匙和电容感应开关静态功耗;
- 防中继攻击:无线通讯信息不可截取和伪造攻击;
- 轨迹绘制:实现移动轨迹绘制,根据特定的轨迹,自动实现车辆的一些便捷操作。

2.1.5 车载免提通话与车载娱乐系统

受车辆行驶中动力系统噪声、胎噪和风噪的影响,车载免提通话系统所处的环境噪声相比于家用免提通话设备要复杂很多。如图 3所示车载免提通话系统,通过车内部署的麦克风来采集驾乘人员的语音信号,然后转化为电信号再经过处理通过车载扬声器播放出来,让车内的驾乘人员不需费力就可以实现轻松的语音沟通。

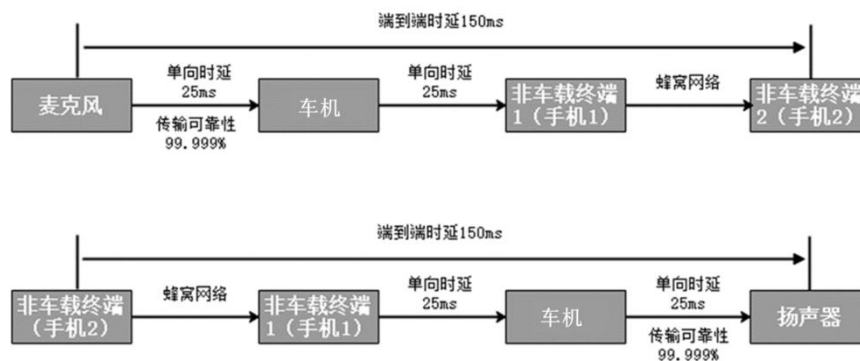


图 3 车载免提通话数据流向

现阶段车载免提电话受当前无线短距技术的时延、抗干扰能力以及并发业务能力影响,存在仅能点对点连接、无法精准定位等问题。基于星闪技术,实现车载通信终端与多个手机之间一对多方式连接,允许多个手机使用车内扬声器与麦克进行语音通话。同时,采取星闪技术替换车载娱乐系统(IVI)与麦克风、扬声器等设备之间的连接线缆,有助于节约整车成本以及降低重量。

2.1.6 无线电池管理系统

动力电池是新能源汽车的核心零部件，整车成本中占比达到40~50%左右，直接影响新能源汽车的续航里程、整车寿命和安全性等关键性能。电池管理系统是管理和监控动力电池的重要部件，主要功能包括物理参数实时监测、电池状态SOC、SOH、SOP等核心参数估计，完成电池充放电管理、在线诊断与预警、均衡管理、热管理，实现电池系统的高可靠、长寿命的使用。

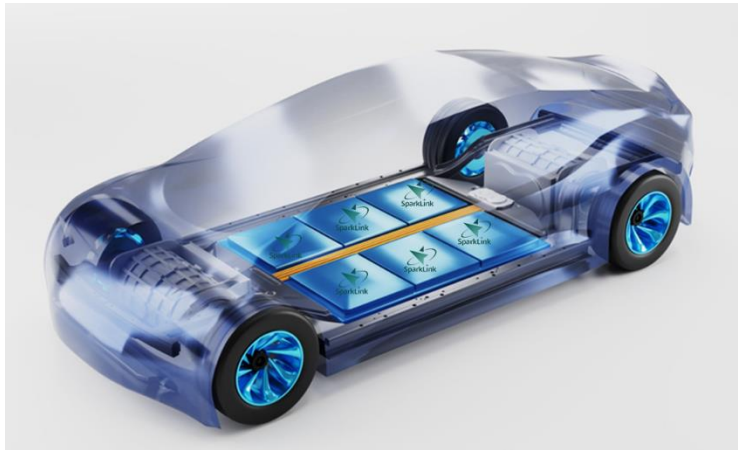


图 4 新能源汽车电池管理系统

车载BMS存在以下业务需求：

- 应支持对于电芯级别的信息监测，包括至少支持 96 节电池单体，宜支持 200 节以上电池单体的快速接入工作和多维传感器信息采集上报；
- 电压、电流采样频率 20Hz，温度采样频率 1Hz；
- 电压监测精度 $\pm 1\%$ （满量程），总电流监测精度 $\pm 2\%$ （满量程），温度监测精度 $\pm 2\sim 3^{\circ}\text{C}$ ；
- $< 300\text{ms}$ 的网络建立时间；

现有成熟方案是基于CAN总线或者iso SPI总线的有线连接，在PACK装配效率、占用空间、重量、信号连接数量等方面都存在劣势。未来，BMS会采集更多电芯内部和电芯外部的传感信号，如气体、气压、压力、烟感等。从可靠性及灵活性等维度看，基于星闪技术的无线传输方案存在明显优势，如更灵活的电池组位置摆放、高可扩展性、较低的组装成本和便利的系统集成制造和电池梯次利用等。

2.2 智能终端

智能终端通常指个人使用的带有通讯功能的消费类移动终端产品，包括但不限于智能手机，无线耳机、智能手表/手环及穿戴设备、VR眼镜、PC及平板、路由器及CPE等终端产品。手机成为个人电子终端的核心设备，在与可穿戴式智能设备的连接中（如手机与耳机连接，手机与手表/手环连接等），高清音频传输、升级App、存储图片和文件传输等相关应用需求越来越多。电池供电设备是现在终端最多的形态，对低功耗长待机的需求也越发强烈。随着智能终端产品形态和技术的快速发展，在低功耗、高吞吐、低时延、大容量、高精感知等方面，对星闪技术提出了更高的要求。

2.2.1 手机与耳机无线音频传输

如图 5所示的手机与耳机的交互场景，耳机受体积及佩戴舒适度等的影响，电池的容量一般较低，要求基于星闪的音频传输提供极低功耗的解决方案。同时，需要解决当前蓝牙耳机仅能传输1Mbps以下码率的有损压缩音频问题，提供高清音频传输的极致体验。

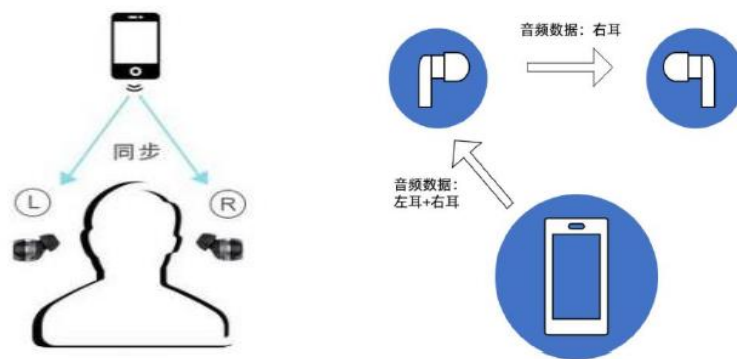


图 5 手机+耳机场景

通过手机与耳机的无线连接，由于现有无线短距技术的限制，无线音频传输的体验有一定缺失，可穿戴产品的极致音频体验效果需求如下：

- 低功耗实现穿戴设备长续航：超长待机续航和回连时间<1s，超长音频播放时间>7小时；
- 高速率满足96KHz采样24比特位宽高清音频1920kbps速率传输，支持2路5.6MHz的DSD音频流；
- 靠近发现（ms级），指向连接；
- 高精度 μ s级别时间同步实现耳机/音箱之间的时间同步。

具体对星闪技术的需求如表 2。音频设备在连接发现要求测距精度在距离小于1m时为 $\pm 5\text{cm}$ ，大于1m时为 $\pm 5\%$ ，两天线测角在10m内精度为 ± 5 度，功耗1.8mW。

表 2 手机与耳机无线音频的通信要求

	吞吐率	传输时延	功耗	通信距离	音质	重连时延
音乐播放	12Mbps	10ms	< 10mW	>100m	96kHz*24bit	<1s
语音通话	4Mbps	10ms	< 5mW	>100m	48kHz*16bit	<1s
耳机 MIC	12Mbps	10ms	< 10mW	>100m	96kHz*24bit	<1s

2.2.2 可穿戴设备文件传输与操控

手机与手表/手环联动的应用场景主要为升级App、存储图片、文件传输等，此类设备的内存受限，对于文件传输的速率不必太高，但就目前市场需求发展，提升传输速率也是必要的发展方向，满足媒体流（音频，视频）投射到音箱和TV。用户体验目标如下：

- 超长待机续航>30天；扫描发现背景任务常开，达成业务零等待；
- 长距离指向性找物，精确指向性操作IoT设备；
- 支持安全距离解锁，支持防中继攻击；
- 支持多个可穿戴设备和手机间的群组通信，在多运动传感器（独立设备）精确动作同步。

具体对星闪无线短距通信的需求如表 3。对手表/手环的非键盘操作还涉及的感知需求，具体见表 4。其中，感知的对象是手指动作、手势或设备，可以有或者没有电池驱动。

表 3 可穿戴设备文件传输与操控的通信要求

方向	吞吐率	端到端时延	峰值功耗	通信距离	备注
双向文件传输	100Mbps	/	<20mW（接收）， <100mW（发射）	>10m	距离增加时可接受速度降低

表 4 可穿戴设备基于感知的操控要求

应用	时延	功耗	距离	角度	备注
表盘凌空操作	<1ms	<0.1 mW	30cm +/-1cm		单手准确度 98%，开启需要控制，不能常开
设备查找	<200ms	<0.1 mW	100m +/-10cm	360+/- 2~3°	考虑穿墙。

2.2.3 无线投屏

手机与VR眼镜系统组成如图 6所示，3个设备组成自组织网络，数据传输主要有两个方向：

- 手机或投屏设备到VR眼镜方向：左右眼镜的4K/90帧的流媒体数据，无压缩的

MIPI速率最高达55.7Gbps；

- VR眼镜到手机或投屏设备方向：SLAM定位与建图、VST前视兼SLAM、眼动/眼球跟踪和DToF距离测量，综合数据速率为1.8 Gbps。



图 6 手机+VR眼镜场景

以上流媒体数据虽然数据速率高，但可靠性不高，允许丢帧；尽管动作和位置等数据速率要求低，但可靠性和时延将直接影响到用户体验。受限于传统无线短距通信技术的性能限制，无线投屏传输的体验有一定缺失，VR眼镜投屏的极致体验效果如下：

- 支持1K~4K/90Hz高清视频，左右眼镜高精度 μ s级别时间同步；
- VR眼镜3~5小时的长续航，回连时间 $<1s$ ；
- 设备靠近发现（ms级），指向连接；
- 自组织网络创建时间 $<3s$ ，支持设备间的直连通信；
- 多速率/可靠性/时延种类数据共存。

由此，VR眼镜高速投屏类应用对星闪技术的具体需求为表 5。

表 5 手机与VR眼镜无线投屏的通信要求

典型应用	吞吐率	时延	功耗	通信距离	备注
视频数据传输	300 Mbps	MTP（头动到显示） $<40ms$	$<500 mW$	$<10 m$	VR 眼镜
手机高清视频通话（眼镜端）	收：20 Gbps, 发：2 Gbps	$<20ms$	$<500 mW$	$<2 m$	本地 see through, 远程也会看到本地图像。

2.2.4 实时手机游戏场景

星闪技术组成无线局域网支持实时手机游戏如图 7所示，用户通过智能终端设备连接到接入点，再通过互联网接入实时手机游戏的服务器。此场景中，多个设备可同时接入到一个接入点，这些设备运行不同的实时手机游戏。实时手机游戏业务的用户多在室内环境下，比如家庭，餐厅、商场、地铁车厢等，在使用期间，大多数时间内保持位置静止或者低速移动，室内的信号传播环境比较复杂。实时手机游戏需要多用户同时接入

互联网,且要求在整个游玩对局期间(一般一次对局小于30分钟)保持互联网连接状态。

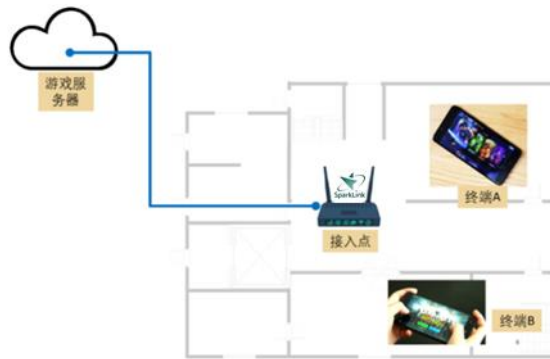


图 7 星闪短距通信组成无线局域网支持实时手机游戏

用户在智能终端设备上的操作都会通过无线连接传输至互联网上的服务器,星闪传输的服务质量就极大程度上决定了用户体验,具体由以表 6 指标衡量⁵。

表 6 星闪技术支持实时手游的要求

应用	数据速率	端到端时延	链路时延	丢包率	时延抖动jitter	卡顿率
实时手游	< 1Mbps	<100ms	<5ms	<0.1%	<2ms	<1%

2.2.5 定位与感知

无线设备间的位置感知与定位已获得广泛应用,表 7 列出其对星闪技术的需求和具体指标:

- 支持设备相互之间的精确距离测量,通过多个设备或者定位基站计算在三维立体空间的位置,支持可穿墙的定位;
- 支持设备间的时钟精确同步功能,以支持精确定位算法等功能;
- 空间人体感知;无源方式,通过对信号分析与检测,实现对人体以及基本动作的监测,可分析人体站立、直腿坐、曲腿坐、蹲、躺等状态,并同时实现人体位置定位。通过对人体基本动作的监测实现设备的自动控制,并在遇到危险时发出带有位置的警报。

表 7 星闪技术设备定位与感知的要求

应用	对象	电池	对象数目	时延	时钟同步	定位	角度
相对位置定位	无线设备	有源	点对点, 点对多点	<10 ms	< 10 皮秒	< 10 cm	< 3°
空间人体感知	人体动作	无源	<10 人	< 200 ms	----	1m	----

⁵ IEEE 802.11 Real Time Applications TIG Report, <https://mentor.ieee.org/802.11/dcn/18/11-18-2009-06-Orta-rta-report-draft.docx>, 2019

2.3 智能家居

随着新技术的采用，智能家居的定义一直在不断地发展变化，主要分为三个阶段：

- 1) 单品智能阶段，主要是单个家电的单品自动化，以减轻用户劳动量、方便用户使用；
- 2) 智能互联阶段，主要是通过各类传感设备或人工参与，借助物联网技术实现设备间的联动场景；
- 3) 主动智能阶段，与人工智能技术相结合，实现系统的自主感知需求，主动提供用户个性化的服务。

随着经济的发展，智能家居出现新的发展趋势。智能家居从客厅等单一空间扩展到全屋智能，室内运动、房屋周边车库和庭院的智能化需求也不断增加。边缘计算技术的发展使得家庭数据中心呈现增长态势，带屏中控设备由一户一屏逐渐发展为一房间一屏，家庭内各种智能设备数量逐渐增多，且存在多品牌、多网络协议、多产品形态的特点。

智能家居设备也分散在家庭内部的各个角落，存在设备分散的特点。考虑到房屋结构和各种功率电器存在多样性和复杂性，保证家庭内部的网络覆盖稳定可靠是智能家居稳定运行的基本前提。智能家居对星闪技术的基本需求如图 8所示。



图 8 智能家居场景的无线短距通信需求

2.3.1 智能音箱音频

智能音箱家庭环绕立体声系统如图 9所示，良好的用户体验包括多音箱快速发现并自组织网络，各音箱能够精准测量相对位置。音乐播放过程中实现多扬声器同步多声道播放，96kHz*24bit无损音质，至少5路智能音箱及1路屏幕， μs 级别的多音箱高精度同步，能够感知用户位置和方向，并能根据用户位置自动切换播放的音箱。具体对星闪技术的需求为支持多设备直连，音画同步。

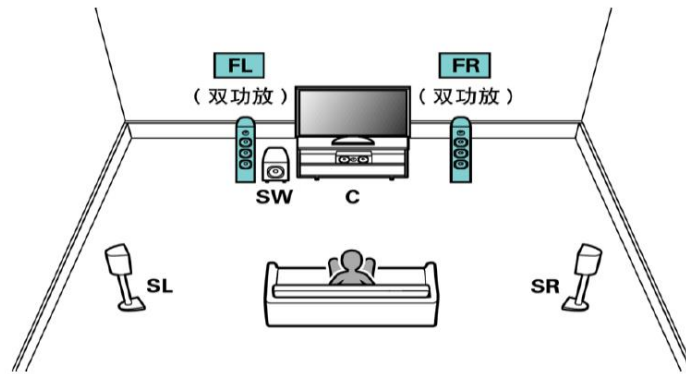


图 9 智能音箱家庭环绕立体声

2.3.2 智能电视/视频投屏

智能家居的电视投屏要求可从视频播放源稳定获取视频流数据并播放，如有多个智能电视（多个视频源），多视频流之间可同步播放。对通信的需求与2.1.2和2.1.3类似，与车载和终端场景的区别在于家居场景视频源与屏幕间的距离较远，且中间可能存在障碍物，对星闪技术的链路预算要求高，设备间的靠近发现可提高用户友好性。

2.3.3 摄像机/可视类

智能摄像头在检测到活动目标或者被按键触发时，可将视频流实时投送至智能电视等其他有屏设备播放，联动迅速无卡顿，支持用户通过智能电视用语音应答摄像头。对星闪技术的需求与投屏类应用相同，需要额外考虑对摄像头操控的ms级低时延传输，且摄像头可能位于户外，对传输距离和穿墙损耗有要求，具体如表 8所示。

智能摄像头、智能猫眼、可视门铃等安防产品也多基于视频和音频，考虑到安防类智能家居设备一般采用电池供电，且安装在入户处，它应能够与家庭网关保持可靠的连接，视距传输距离不少于20米，非视距传输距离不少于10米。安防类智能家居设备应在检测到访客按下门铃或家庭成员开锁/上锁等事件后，及时向边缘网关与智能家居云平台上报事件，以触发相应的场景控制规则，设备与网关的传输延迟应小于50ms，未来安防类设备需要更多的云端处理和网络交互。

智能门锁是在传统门锁的机械结构基础上，增加了识别、计算、控制和通信等模块，具备摄像头、网络连接等功能的智能门锁可以实现远程监控、远程解锁、人脸识别解锁等多种安全便利的使用方式。智能门锁的电量消耗包括两个方面：本地用电是指通过本地功能模块即可实现的功能，如自动上锁、指纹/卡片/密码解锁、摄像头定时拍摄和异

常检测等；联网用电涉及通过网络与家庭网关、手机客户端或者云端的交互。当前产品一年左右的电池续航能力增加了用户使用成本的，并折损了用户体验。

表 8 星闪技术支持安防与电工照明类应用的要求

应用	通信距离	功耗	延时	吞吐率
家居安防	≥20（视距），≥10米（非视距），可能中继	≤50mW，3~6个月待机	≤50ms	≥25Mbps
智能门锁	≥20m（视距），支持非视距和中继	≤10mW，至少12月待机，希望3~5年	≤50ms	≥2Mbps
电工照明	≥10m，支持非视距和中继	≤10mW	≤50ms	≥2Mbps

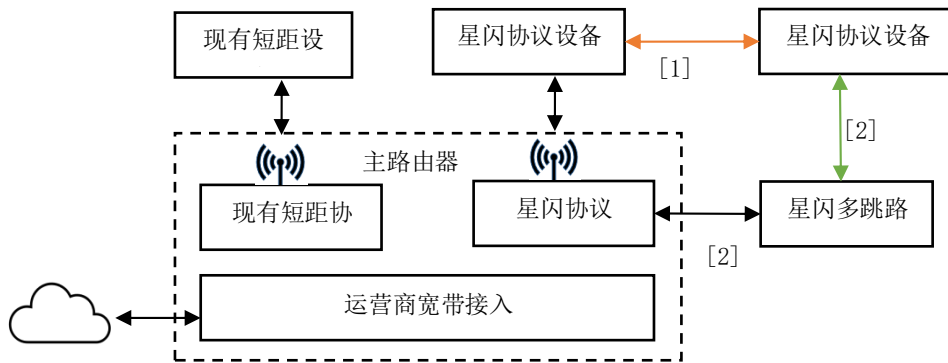
2.3.4 电工照明类

电工照明类包括灯、开关、插座等，为解决跨楼层及大户型家庭的通信需求，星闪短距离通信需要支持多跳组网，以实现更好的网络覆盖和连接体验。电工照明类设备则对功耗和吞吐率要求较为宽松，对传输的可靠性要求相对较高。电工照明类设备需要与安防等其他智能家居设备实现联动，实现到家开灯、离家关灯等用户定义的自动化控制。

2.3.5 全屋网络智能

考虑到当前家庭中手机、电脑、Pad等众多设备支持现有短距技术，且现有短距技术和产品会在一定时期广泛存在，星闪协议需要在家庭环境中与其他协议并存，连接运营商宽带的路由器需要双协议支持：现有短距协议和星闪短距协议，如图 10所示。需要支持特性：

- 设备的快速入网，通过配合可视化交互软件实现设备的自动发现、自动连接、自动入网；
- 智能家居对设备状态、指令执行反馈的毫秒级低时延端到端数据传输；
- 星闪协议设备连接的稳定性，意外断网后可主动完成重新连接的快速恢复；
- 支持特种服务的边缘网络加速，例如：游戏加速、网课加速、视频加速等；
- 无覆盖盲区和死角，家庭环境中墙体材质、大功率家电等对传输影响较大，需要能够支持超强穿透性和抗干扰。



注：[1] G/T节点角色转换，[2] 多跳路由机制

图 10 适用于全屋智能网络的双协议路由器

为更好的实现空间广覆盖，星闪技术协议需支持星闪接入层的角色变换，即一个星闪设备既可以做为G节点身份也可以做为T节点身份，支持角色间自动切换。此外，还应支持多跳路由机制，在单跳主路由无法完全覆盖的情况下，提供多跳路由设备进行网络信号放大，扩大覆盖范围。具体地，星闪网络需要能够支持：

- 单个主路由能够同时支持10个以上的多跳路由接入，多设备间无线资源的协调；
- 能够无缝切换接入，特别是可移动设备在多跳网络中路由变化时，业务不中断，无卡顿；
- 多设备共存的全屋设备联网需要抗干扰传输能力，尤其是在2.4GHz频段。

2.3.6 智能家居空间场景化

在上述章节的应用中，各设备智能地执行独立的场景任务。随着“智能家居”概念的日常化，家庭区域中生活场景的交织催生出空间场景化的居家体验，即通过智能设备联动场景的设置，为用户提供准时化、个性化和智慧化的服务。如图 12所示，智能卧室内智能设备会根据实际用户需求和状态设置成为相应的智能联动场景。傍晚用户回到卧室时，空调会按照用户的习惯自动打开成预设温度以及静音模式，窗帘会自动关闭，照明系统灯自动为用户开启柔和灯光模式；投影仪、电视或音箱感知到用户进入卧室后按用户习惯推荐影片或音乐；用户睡着后，智能床垫还会检测用户的睡眠质量；早上用户起床，窗帘自动开启，同时还会伴随着音乐自动响起。



图 11 智能卧室空间场景化示意

同样在其它区域类场景中，如客厅、阳台、厨房等，各智能设备也能按用户习惯和状态自主开启或关闭相应的模式。在上述场景中，家居智能设备和系统之间对星闪短距通信要求如下：

- 多设备实时并发性传输：各个设备之间可能在某个时刻有多点同时数据传输；
- 低功耗：从省电和环保的角度，智能设备对低功耗有着必然的需求；
- 应用层中各个独立子应用的消息交互。

2.3.7 家庭隐私保护

随着智能家居品类的增加，产品形态也呈现出多样性，设备之间通过网络交互信息的能力也越来越强。不同产品形态的设备受限于体积和成本等因素，在安全等级和支持的安全标准等方面的也存在差异，还存在如2.4.5节所描述的支持不同接入层技术的设备混合组网的场景。在此背景下，原来作为人们最隐私的家庭环境由于智能设备的加入，智能家居设备之间交互数据，云端或设备间的数据采集和分析，整个家庭变成了网络大数据的一部分，如何保护家庭隐私值得重点关注。智能家居的数据安全采集、安全传输以及安全存储，需要一整套完整的安全隐私保护机制来实现，如图 12所示。

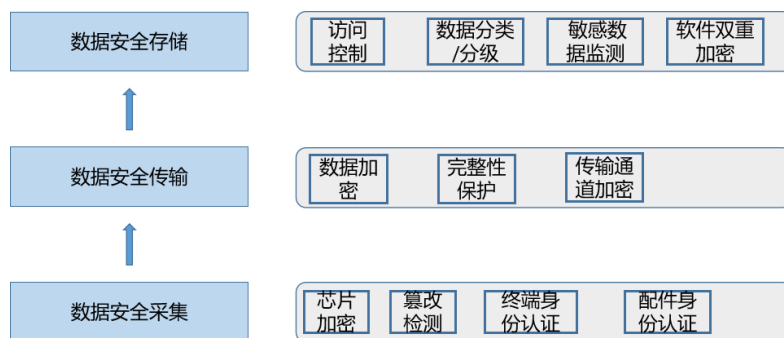


图 12 网络大数据中的家庭数据安全

对星闪技术和产品提出了以下安全方面的技术要求：

- 提供不同安全等级的星闪标准芯片，满足不同智能家居设备的安全等级需要；
- 完善的加密鉴权机制验证配对设备身份合法性，高效甄别非法设备，快速接入合法设备；
- 支持不同等级的接入技术安全方案，适配不同形态的智能化家居设备；
- 支持为不同接入技术提供统一的安全标准和管理机制；
- 设备之间的安全隔离机制，避免通过安全能力薄弱的设备对其他设备进行攻击；
- 星闪通信域之间的数据安全保护机制和隔离机制，确保不同通信域的安全需求；
- 支持可配置的数据、设备或区域访问权限，满足不同身份访客的联网需求。

2.4 智能制造

工业现场网络出现泛在化、无线化、融合化的发展趋势，大量“哑设备”联网改造，生产设备“剪辫子”，生产现场网络无线化改造将有效减少有线部署和维护成本。产线设备控制、大规模数据采集、工业检测、AGV小车远程控制、设备智能巡检和流程制造的过程控制作为智能制造典型应用场景，已成为无线化探索的重要方向。星闪技术作为全栈原创的无线短距通信技术，具备高可靠、低时延、高速率、精同步、高安全、支持业务多并发以及低功耗等多方面卓越的技术特性，被业界广泛关注。典型工业现场网场景对星闪技术提出的业务需求见表 9。除了工业现场的无线短距通信升级外，借助部署边缘网关以及5G网络，可以延展无线通信范围，实现工厂数据的上云，有助于实现集中管理的一体化高质量网络，对于实现工业通信网络的自组织维护、降低运维成本意义重大。因此，5G与星闪技术融合也是重要的技术发展方向之一。

表 9 典型智能制造应用对星闪技术的通信需求

	传输速率	传输时延	通信距离	可靠性	连接数
产线设备控制	1kbps~10Mbps上行 峰值速率	100~300 ms（数据上传）；10 ms（远程控制）	数十米~数百米	数据较低；远程控制：99.999%	无高要求
大规模数据采集	数kbps	50~100 ms	数百米~数千米	较高	设备同时在线较多
工业检测	上行 720~ 8K：2 ~ 100Mbps	AR应用：20ms；其它：50~100ms	数十米~数百米	较高	无高要求
AGV小车控制	上行：≥30Mbps， 下行：≥20Mbps	≤20ms	数十米	>99.9%	较低要求
设备智能巡检	视频图像：4~10 Mbps；其它设备数据：较低	较低	2~15米	较高	无要求
流程制造过程控制	>1Mbps	<100ms	<100m	>99.9%	>100点

2.4.1 产线设备控制

面向数控机床、立体仓库、制造流水线，可基于星闪技术打通产线设备与控制器的实时交互。同时，也可考虑5G与星闪融合组网，实现对工业制造产线的远程和集中控制，并将产线设备的运行数据和生产数据进行有效备份，形成产线设备数据闭环。以图 13 所示的电机同步控制场景为例，通过在伺服驱动器和PLC安装星闪模块，可将控制器PLC下发的转轮相位、角度、水平位置等控制指令通过星闪技术发送给伺服驱动器并最终实现下挂齿轮的同步变化。同时，借助边缘网关及5G，云端PLC控制应用可以下发业务优先级管理、时延抖动策略和QoS策略等，提升行业现场电机同步控制数据流的传输可靠性，并实现工业现场设备的网络状态监控。

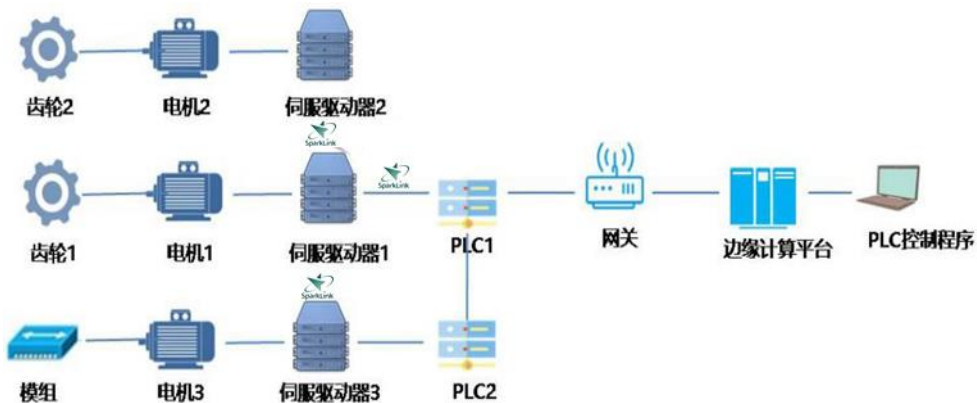


图 13 工业制造中的电机同步控制场景

2.4.2 大规模数据采集

在先进的流程制造行业中，为了更好的监控、运维生产设备，通常会在设备布设大量温度、震动、腐蚀等传感器，采集实时设备运行状态数据，如图 14所示。设备传感器通过星闪技术将数据汇聚至工业网关，进行数据预处理，过滤后的有用数据通过5G、有线和无线等通信方式上传至设备管理平台，开展设备远程监控、设备预测性维护等应用。工业传感器通常为对单一参数的监测，数据量少，采集频率较高，对数据安全性有较高的要求，同时在线的连接数较多。



图 14 工业市场的大规模数据采集场景

2.4.3 工业检测

在工业生产过程中，通过工业相机对待检测物品拍照，上传至云端进行图像识别和分析，替代人工实现缺陷实时监测和自动分拣、产品质量的检测。由于工业现场的复杂性和移动性，光纤或者以太网线的方式难以满足所有的应用场景。机器视觉包括移动性和非移动性场景，以图 15所示的手机产品生产为例，移动工作台和移动视觉检测设备加装高清机器视觉模块，对加工工件姿态、表面质量和几何尺寸等进行拍照，高清图像通过星闪技术传输至边缘服务器，其中的视觉分析算法给出质量判定结果，并实时驱动移动设备与工作台的协同操作，此过程对通信可靠性及延迟要求高。

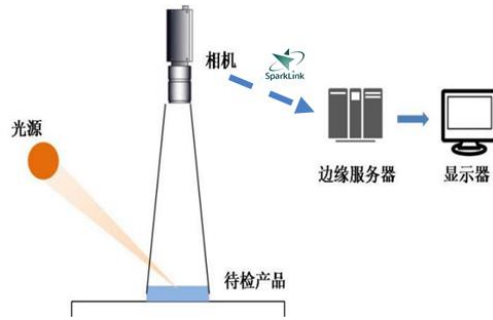


图 15 工业生产中的工业检测场景

2.4.4 AGV远程控制

在生产车间，部署支持星闪技术的AGV物流车辆和边缘网关。在接收任务后或远程控制中，AGV通过星闪技术上传位置和运动信息至边缘网关，边缘网关可根据需求将信息通过5G网络发送至远端平台。通过视觉、雷达和无线等多种技术进行融合定位和障碍物判断，AGV实现工业场景中的自动避障，提升产线自动化水平。通过基于星闪技术的无线化改造，实现在原材料运输、仓储、装卸搬运、产线配送、信息服务等众多环节无人化物料精准配送和快速响应。

2.4.5 设备智能巡检

设备巡检是多数制造行业的必要环节，设备巡检人员借助PDA智能设备和检测设备，通过星闪技术采集被巡检设备数据，一般包括巡检路线数据、巡检数据和图像等，在PDA设备初步观测和处理，再将检测数据和诊断结果自动上传，对设备缺陷执行智能诊断和综合管理。

2.4.6 流程制造的过程控制

流程工业进行原料生产的过程中，需要大规模部署不同类型传感装置，实时采集过程数据，上报给控制器，并完成对生产各环节的过程控制。通过在各生产环节快速、便捷地部署星闪短距无线网络，实现实时可靠的通信，可以降低部署和维护成本。同时，星闪产品还需要满足流程工业的本安防爆要求，设备进支持功耗、长时间地运行。

3 星闪技术及标准化介绍

3.1 星闪 Release 1.0 系列标准概述

星闪技术相关标准由星闪联盟定义和维护。为了满足产业发展需求，星闪联盟识别了智能汽车、智能终端、智能家居以及智能制造四大领域的关键应用场景及核心通信需求，并于2021年底启动了星闪首版系列标准（即，星闪Release 1.0）的标准化工作。经过星闪联盟200多家成员单位的共同努力，星闪Release 1.0系列标准于2021年完成制定。该系列标准主要由星闪接入层规范、基础服务层规范、基础应用层规范及其配套的支撑性规范构成。星闪无线通信系统架构见图 16，对应的标准列表见表 10。

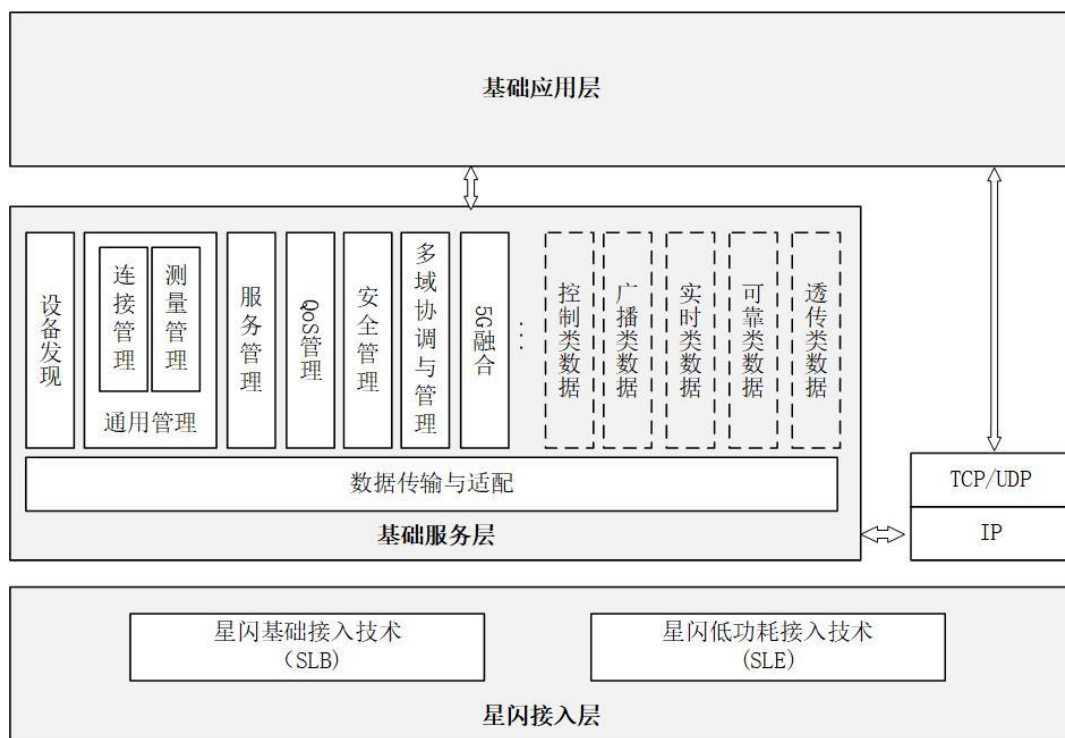


图 16 星闪无线通信系统架构

表 10 星闪无线通信系统Release 1.0标准体系

	标准名称	分类
1	T/XS 00001-2022 《星闪无线通信系统 架构》	架构
2	YD/T 4007-2022 《无线短距通信 车载空口技术要求和测试方法》	星闪接入层
3	T/XS 10002-2022 《星闪无线通信系统 接入层 低功耗技术要求》	星闪接入层
4	T/XS 20001-2022 《星闪无线通信系统 基础服务层 设备发现与服务管理》	基础服务层
5	T/XS 20002-2022 《星闪无线通信系统 基础服务层 传输与控制》	
6	T/XS 20003-2022 《星闪无线通信系统 基础服务层 服务质量管理》	

7	T/XS 20004-2022 《星闪无线通信系统 基础服务层 多域协调与管理》	
8	T/XS 20005-2022 《星闪无线通信系统 基础服务层 5G蜂窝网络融合》	
9	T/XS 40001-2022 《星闪无线通信系统 网络安全 通用要求》	安全
10	T/XS 00002-2022 《星闪设备媒体接入层标识分配机制》	网络标识
11	T/XS 50001-2022 《星闪无线通信系统 测试 星闪基础接入技术（SLB）设备要求和测试方法》	测试
12	T/XS 50001-2022 《星闪无线通信系统 测试 星闪基础接入技术（SLB）设备安全要求和测试方法》	

3.2 星闪 Release 1.0 空口和上层协议介绍

作为全栈原创的新一代先短距通信技术，星闪技术具备低时延、高可靠、高同步精度、支持多并发、高信息安全和低功耗等卓越技术特性。空口接入层技术是星闪无线通信系统的核心。根据星闪接入层的角色不同，星闪设备分为G(Grant)节点和T(Terminal)节点，每个G节点可以管理一定数量的T节点，G节点以及与其连接的T节点共同组成一个通信域。进一步的，为了满足不同场景下的通信需求，星闪技术提供了SLB（SparkLink Basic，星闪基础接入技术）和SLE（Sparklink Low Energy，星闪低功耗接入技术）两种无线通信接口。

SLB(SparkLink Basic,星闪基础接入技术)的技术内容由中YD/T 4007-2022规定。SLB使用正交多载波(OFDM)波形，支持极低时延无线帧，空口单向数据传输时延小于20.833us（业界最低时延），单载波支持20MHz带宽，最大支持16载波共320MHz带宽，最高速率支持编码速率0.92的信道编码、1024QAM调制和8流多路并行传输，最深覆盖支持编码速率1/8的信道编码和QPSK调制。SLB支持数据链路层数据透传模式，极大减小系统开销，提升系统多节点接入容量。SLB支持优化的接入资源配置，支持多用户低时延接入系统。SLB的相关标准化工作已经完成，性能指标评估结果参见表 11。SLB主要用于承载以车载主动降噪、无线投屏、工业机械运动控制等为代表的业务场景，其显著特征是低时延、高可靠、精同步和高并发等。

表 11 SLB性能评估结果

项目	性能指标
峰值速率	G链路峰值大于900Mbps（单载波20MHz带宽） T链路峰值大于450Mbps（单载波20MHz带宽）
时延	20us
可靠性	正确率大于99.999%

同步精度	<1us（定时精度±30ns）
多用户能力	支持4096用户接入 支持1毫秒内80用户数据并发
抗干扰能力	Polar数据信道编码 最小工作信噪比-5dB（相比传统短距实现覆盖增益+3dB）
安全性	高（双向认证，算法协调保障）

SLE（Sparklink Low Energy，星闪低功耗接入技术）的技术内容由T/XS 10002-2022规定，可提供低成本、低功耗的空口接入。SLE使用单载波传输，带宽支持1MHz、2MHz和4MHz，调制方式支持GFSK、BPSK、QPSK和8PSK。通过采用Polar信道编码提升传输可靠性，减少重传节省功耗，精简广播信道功能和业务以减少拥塞可能。相比现有低功耗无线短距技术，SLE在相同深覆盖条件下可稳定支持128kbps音频传输，支持更高速率（峰值12Mbps），支持无损音频传输，支持可靠组播传输，支持异构接入，支持数百量级节点接入，相应的性能指标分析见表 12。SLE主要用于承载包括耳机音频传输、无线电池管理系统、工业数据采集在内的具备低功耗要求的业务场景。

表 12 SLE性能指标

项目	性能指标
峰值速率	支持4.6Mbps高保真立体声无损音频 支持12Mbps数据传输
时延	支持250微秒完成一次交互
多用户能力	支持256用户接入
网络覆盖及拓扑	最小SINR：-3dB； 支持一对一单播及一对多组播；
安全性	高（双向认证，算法协调保障）

SLB和SLE两种技术面向不同的无线短距通信应用场景，互相补充并且将根据业务需求进行持续演进。

星闪无线通信系统针对不同的星闪底层接入技术采用了统一的星闪上层架构。星闪上层由基础服务层和基础应用层构成。其中，基础服务层针对上层业务数据，提供了设备发现、服务管理、连接管理、QoS管理、测量管理、数据传输与适配、信息安全、多域管理与协调以及5G融合等服务功能，用于支撑上层具体业务的从业务触发到业务结束的整个业务周期的连接交互需求。同时，基础服务层也可以与底层进行跨层交互并且根据业务需求以及传输情况提供底层传输路径的选择及切换。基础应用层用于实现各类应

用功能，基础应用层针对共性的业务诉求，可以定义包括通用通信框架、通用音视频框架在内的通用应用服务框架，供具体应用进行调用，实现模块化设计。基础应用层也可面向具体应用定义统一的配置文档，用于实现业务的端到端交互并且保证不同厂商的互联互通。

3.3 星闪技术演进与标准化路径

星闪Release 1.0建立了星闪无线通信系统的端到端标准体系，以SLB和SLE所提供的核心通信能力以及统一的上层交互协议为基石，为智能汽车、智能终端、智能家居和智能制造等领域的新应用提供了具有低时延、高可靠、高速率、精同步、高并发、低功耗及高安全的坚实传输保障。为了进一步的使能更多应用并为用户带来全场景的极致体验，星闪技术也在不断增强和演进。目前，针对第2章应用功能所涉及到的包括定位测距、灵活组网、无线感知、深覆盖、非连接服务等在内的业务诉求以及上层音视频传输等核心应用功能，星闪联盟也已启动了星闪Release 2.0以及上层应用的标准化工作。其中，星闪Release 2.0将分为两个阶段进行。按照当前规划，星闪关键应用功能及星闪Release 2.0的第一阶段的标准化工作计划于2022年底发布，Release 2.0的第二阶段标准计划于2023年H2发布。

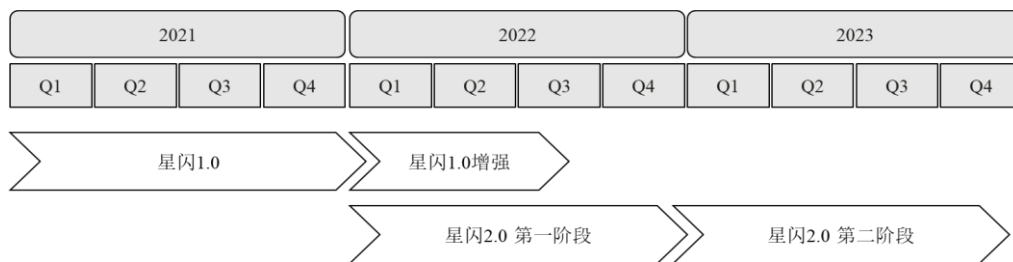


图 17 星闪标准版本演进规划

3.4 星闪无线频谱需求

星闪技术作为无线短距通信技术，需要满足四大应用领域等多场景多业务的需求，提供极致的业务体验，对于频谱的诉求也是多样化的。频谱是非常宝贵的稀缺资源，合理科学地分配和使用无线频谱资源是无线通信产业持续发展繁荣的基础。

分析不同场景下不同业务的要求，结合部署和组网方式的约束，以及不同场景下频谱复用的可行性，可以得到星闪技术在不同场景下对应的频谱需求组合。从部署场景看，智能汽车、智能家居和智能制造可以看做独立的部署场景，而智能终端的应用可能会发生在上述三大场景中，比如工厂里的智能制造场景，操作工人随身附带智能终端如手机

和电话手表等，还有车内场景，司机和乘客随身携带的智能终端等。在空间上的隔离以及频谱复用情况如表 13所示：

表 13 星闪无线短距通信混合场景下的频谱复用

多场景组合	频谱复用	频谱复用可行性分析
智能汽车+智能家居	可	假设汽车穿透损9dB，建筑物穿透损为20dB： 若总隔离需要80dB，则干扰源距离目标超过1.6 m，认为两者是隔离的；若总隔离需要90dB，则干扰源距离目标超过5m，认为两者是隔离的。
智能汽车+智能制造	可	同“智能汽车+智能家居”场景。
智能家居+智能制造	可	假设建筑物穿透损为20dB（一堵墙）： 若总隔离需要80dB，则干扰源距离目标超过4.5m，认为两者是隔离的；若总隔离需要90dB，则干扰源距离目标超过14m，认为两者是隔离的。

根据以上条件分析，得到星闪技术的频谱需求如下：星闪应用既包括对于可靠性、安全性、实时性和通信传输速率有特殊要求的业务，比如智能汽车的主动降噪、智能制造中的机械臂操控等，也包括对于安全可靠要求不高的消费类业务，二者都需要确定的频谱资源，才能发挥星闪可靠性和实时性的优势，以满足市场急速增长的需求，创造产业价值。

4 星闪技术产业化进程

4.1 星闪产业链构建

作为新一代无线短距通信技术，凭借技术的先进性，星闪技术取得了广泛的业界关注，星闪联盟会员规模增长迅速。截止2022年8月，星闪联盟会员单位数超过230家，涵盖芯片、模组、设备、解决方案、测试、运营和安全服务等全产业链上下游，具体分布如图18所示。

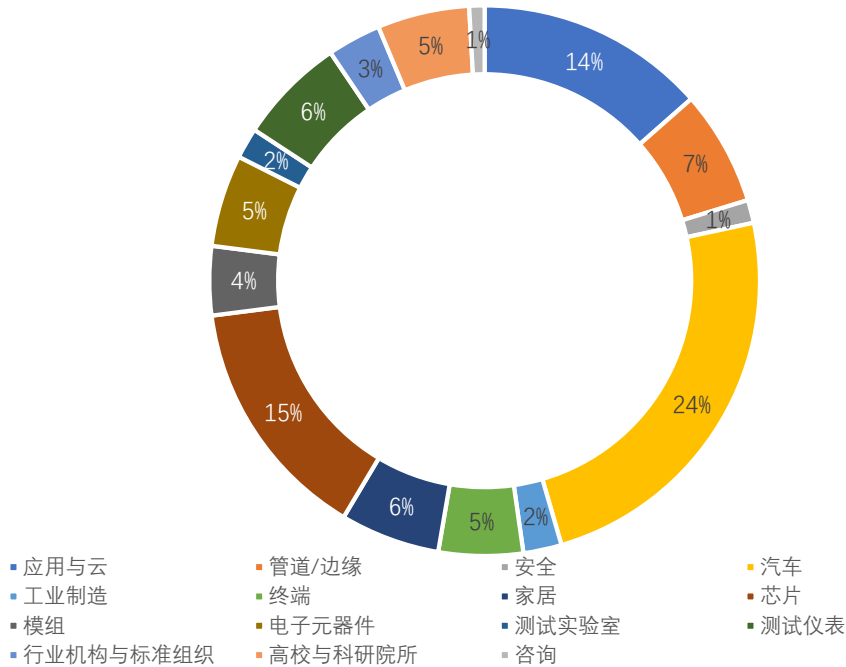


图 18 星闪联盟会员单位与产业链分布

4.2 产业进展

4.2.1 样机及芯片

2021年4月, 基于星闪1.0技术的多场景原型样机系统在星闪联盟产业峰会实现全球首发。星闪联盟联合中汽中心、北汽、华为、闪联和联想等成员单位, 在峰会亮相了星闪超短时延测试系统、星闪主动降噪原型系统、星闪5.1无损环绕声场原型系统和星闪低时延高清投屏原型系统。其中星闪超短时延测试系统实测星闪端到端时延约100微秒, 其中空口传输时延仅20微秒, 展现了相比现有无线短距通信技术的显著优势; 星闪主动降噪原型系统实现了低频噪声平均降低5dB, 达到同条件下有线主动降噪系统类似的效果; 星闪低时延高清投屏原型系统针对相同的高清视频源, 展现了星闪投屏技术相比其它现有无线短距技术在图像色彩饱和度以及时延方面有明显优势; 星闪5.1无损环绕声场原型系统展现了星闪在微秒级同步以及超低时延的保障下, 同步传输无压缩的多声道音频数据所带来的极致影音体验。



图 19 星闪多个场景的原型样机系统亮相星闪产业峰会

2021年11月，在2021中国移动全球合作伙伴大会，星闪联盟携手中国移动、华为、深圳艾灵在业界首次发布了基于5G+星闪融合技术的电机同步控制原型系统，演示了5G+星闪融合技术在电机同步控制的应用，实现5G业务向工厂生产核心环节延伸的突破。在电机同步控制原型系统中，星闪技术实现了空口时延20微秒，可靠性大于99.999%，同步精度小于1微秒的性能指标。



图 20 基于5G+星闪融合技术的电机同步控制原型系统

此外，大型客车或者货车等营运车辆存在盲区且传统有线的全景环视系统存在的布线空间有限、安装成本高、接插件存在失效风险等问题，利用星闪系统微秒量级的高精度同步和超低的传输延迟，鹰驾、华为等联合开展了基于星闪1.0的营运车全景环视样机验证，全面解决了有线部署方案所面临问题，并为交通运输行业标准《营运车辆全景环视系统技术要求和试验方法》的制定提供了有力支撑。该原型系统亮相第八届智能网联汽车技术及标准法规国际交流会（ICV 2022），获得了业界广泛关注。



图 21 基于星闪技术的营运车全景环视原型系统

在多领域多场景的验证星闪技术的适用性及先进性的基础上，星闪联盟及其成员单位也在加速推动星闪的实际产业落地。作为商用落地的核心，星闪SoC芯片的研发是目前关注的重点。根据星闪联盟的规划及成员研发进展，预计2022年将发布首款星闪商用芯片。

4.2.2 测试与授权

星闪联盟致力于构建完整的测试和授权体系，保证使用星闪技术设计的产品的一致性和互通性。具体包括产品测试、技术和商标授权，测试实验室授权，测试仪表/系统开发、验证和授权，测试计划制定，测试方案试验验证，以及授权产品监督等。

测试仪表是测试体系落地的基础，2021年5月，星河亮点宣布推出“积薪”测试平台，支持星闪芯片、模块和终端的射频、功能及性能测试，2022年将全面具备协议一致性和射频一致性测试能力。大唐联仪也计划在2022年第四季度提供支持非信令综测仪CTP3308F，满足物理层功率类、频谱类和调制类指标测量。同年底，大唐联仪将推出支持信令型仪表，同时支持5G NR，满足5G和星闪短距融合的测试场景，并将启动支持星闪标准协议一致性和射频一致性测试用例的开发。

目前，联盟的测试授权管理流程已初步完成建设，结合当前产业研发进展，预计2022年下半年将发布首张星闪一致性测试证书。

4.2.3 星闪Openlab开放实验室建设

为了全面推动星闪产业生态的加速孵化，星闪联盟正在筹建星闪Openlab开放实验室，作为聚拢星闪产业链的上下游软硬件资源、创新研究、产品联调、技术交流和展示平台。随着星闪团体标准的发布和芯片研发的进展，芯片和应用成为技术落地的关键，星闪Openlab将建设专家资源池和星闪行业共性基础服务平台。专家资源池为生态伙伴在产品和应用开发过程中提供技术培训、业务咨询以及协助产品方案设计等服务。星闪行业共性基础服务平台包括硬件开发环境服务（星闪模组和开发板等）、软件开发工具（包括星闪通信系统协议栈、基带芯片软件编译与调试工具等）、参考设计资料（包括针对第三方应用开发者的模组和基础应用软件包等）、技术开发者社区和互联互通测试环境等。

通过星闪OpenLab的运行，将吸引更多开发者加入星闪产业链，形成行业发展合力，使能行业伙伴加速应用创新，推动星闪产业生态发展。

4.2.4 典型应用落地节奏

根据标准、商用芯片和模组的进展，星闪联盟四个产业推广组预测星闪典型应用场景的商用节奏⁶见图 22，大规模的商业落地有望于2023~2024年实现。



图 22 星闪技术典型应用和场景的商用节奏预测

5 总结与展望

随着数字世界的不断发展，信息在人、物、环境之间的循环流转让连接变得无可或缺，智能汽车、智能终端、智能家居和智能制造等领域的新兴应用场景不断涌现，相应的业务需求对传统无线短距通信技术在传输速率、可靠性、时延、连接数、安全、复合功能和行业适配等方面提出了严峻的挑战，产业亟需能够满足新业务需求和发展趋势的无线短距通信技术。星闪技术在此背景下诞生，作为全栈原创的新一代无线短距通信技

⁶ 图中表示为预测时间，各企业产品规划、技术开发和商业推广的节奏可能存在不同。

术，凭借其技术的先进性受到业界的广泛关注。

本白皮书重点梳理了星闪技术在智能汽车、智能终端、智能家居以及智能制造等领域的典型适用场景及业务需求，并从关键技术、标准化成果及产业进展等不同维度对星闪技术的推进情况做了全面介绍。

作为新一点的无线短距通信技术，构建技术竞争力并推动产业的规模落地对星闪技术的实际商用至关重要。以此为目标，星闪联盟将：

1. 结合应用场景的需求演进，持续推动星闪技术的创新研究及标准化。联盟现已启动星闪Release 2.0的标准化工作，将在高精定位、感知、覆盖增强、mesh组网以及QoS增强等方向进行重点增强。此外，还将在星闪原生应用（例如，音视频传输）、人机接口以及对第三方应用开放接口等方面进行重点定义，不断增强星闪技术的端到端技术性能优势。
2. 加速推动星闪Release 1.0的产品落地及实际商用。推动芯片、模组、仪表、解决方案、应用测试等各个环节，借助星闪OpenLab等平台打通产业链优势资源并进行协同合作，推动星闪技术在四大领域的高价值场景中率先实现规模商用。
3. 加强星闪测试体系的建设及实际运行，保证使用星闪技术设计的产品的一致性和互通性, 确保产品性能。

作为新一代的无线短距通信技术，星闪技术将以满足智能汽车、智能家居、智能制造和智能终端等领域新场景应用的极致传输体验为目标，不断发展和完善。