

# 释放Wi-Fi的潜能

2019~2023企业级Wi-Fi 6产业发展与展望白皮书

---



# 目 录

<b>1. 企业无线网络应用价值和面临的挑战</b>	02
1.1 企业无线网络应用价值	02
1.1.1 效率优先的移动接入	02
1.1.2 企业 Wi-Fi 是物联网天然的传输网络	02
1.1.3 提高用户满意度，提升商业竞争力	03
1.2 无线网络面临的挑战及发展趋势	03
1.2.1 极致移动体验	03
1.2.2 无线网络安全	04
1.2.3 网络自动化	04
<b>2. 企业无线网络的发展</b>	06
2.1 概述	06
2.2 Wi-Fi 发展历程	07
2.3 802.11ax(Wi-Fi 6) 新技术带来的影响	08
2.3.1 OFDMA	08
2.3.2 MU-MIMO	10
2.3.3 Target wake time(TWT)	10
2.3.4 Spatial reuse(BSS Coloring)	11
<b>3. 企业 Wi-Fi 相关产业现状及发展趋势</b>	13
3.1 Wi-Fi 芯片产业现状及发展	13
3.2 移动终端设备产业现状及发展	13
3.3 无线网络设备产业现状及发展	14
3.3.1 无线网络管理的云化发展	14
3.3.2 企业无线 AP 的现状与发展	15
3.4 新兴应用产业现状及发展	16
3.4.1 VR/AR 产业	17
3.4.2 4K/8K 产业现状及发展	17
3.5 智能运维产业 —— 提升企业无线网络质量发展	18
3.6 Wi-Fi 6 带动的其他技术产业发展	19
3.6.1 802.3bt POE 供电交换机	19
3.6.2 802.3bz 支持 2.5G/5G 以太网交换机	19
<b>4. 如何建设未来新兴行业应用的无线网络</b>	21
4.1 4K over Wi-Fi 的网络部署指导	21
4.1.1 4K 视频对带宽的需求	22
4.1.2 网络规划	22
4.1.3 AP 选型	23
4.2 VR/AR over Wi-Fi 的网络部署指导	23
4.2.1 VR/AR 应用对带宽的需求	24
4.2.2 网络规划	24
4.2.3 AP 选型	24
4.3 AGV over Wi-Fi 的网络部署指导	25
4.3.1 AGV 应用对带宽的需求	25
4.3.2 网络规划	25
4.3.3 AP 选型	25
<b>5. 总结</b>	26

# 1 企业无线网络应用价值和面临的挑战

## 1.1 企业无线网络应用价值

随着移动互联网时代的到来，无线网络给大家的工作、学习和生活带来了极大的便利，随时随地的上网成了人们的基本诉求。Wi-Fi 网络成为与水电同等重要的基础设施。Wi-Fi 诞生 20 年来，其重要性及应用价值及商业价值被行业广泛认可。Wi-Fi 技术将在性能、容量及覆盖效果等方面持续创新以提高人们的使用体验。

### 1.1.1 效率优先的移动接入

Wi-Fi 网络是企业数字化转型的重要组成部分，有了 Wi-Fi 网络，可以实现“网随人动”，企业员工可以实现移动协同办公，或通过移动 APP 随时办公，当前超过 70% 的企业已经实现无线办公，极大程度的提高工作效率。透过 Wi-Fi 网络，学校师生可以便利的获取在线学习资源，学校也可以通过 VR/AR 提供更丰富的教学内容，使“教”与“学”都变得如此方便高效。

Wi-Fi 网络可以节约企业网络建设开支。以一颗普通 Wi-Fi 无线 AP 覆盖办公区 20 个工位为例，这 20 个工位的员工上网可以通过这一颗 AP 实现，而不需要像传统的办公方式每个工位部署一条网线。尤其是像体育场馆或大型会议室的场景，部署有线网络实现所有人都上网根本不现实，使用 Wi-Fi 来实现全覆盖是必然选择。

### 1.1.2 企业 Wi-Fi 是物联网天然的传输网络

现在是万物互联的时代，据预测 2025 年全球联接设备数将达 1000 亿。NB-IOT 或 LoRa 等技术被广泛应用于物联网远距离传输，例如远程抄表、智慧停车、智慧水务、环保监测等物联网应用。这些应用都具有数据带宽需求小，对时延要求低，覆盖范围大的特点。

但是企业的物联网数据通常数据要求安全传输、对时延要求高，例如生产车间生产指令下达，仓储物流盘点及机器人的控制指令下发，医疗生命体征的实时监控，园区摄像头的实时监控等。Wi-Fi 网络天然具有高带宽，局域网内安全传输，低时延的特点，因此，将企业的物联网数据承载在 Wi-Fi 网络之上是顺理成章的过程。当前许多厂家提出的物联网 AP，内置 Bluetooth 或 Zigbee 模块向下对接物联网设备，通过无线 AP 进行数据传输。

### 1.1.3 提高用户满意度，提升商业竞争力

商场 / 机场 / 酒店 / 地铁等人员流动比较多的地方，处处可见免费 Wi-Fi。为消费者提供免费 Wi-Fi，并通过 Wi-Fi 提供定位、导航、移动支付等，增加客户粘度，提升客户满意度。

同时，商业免费 Wi-Fi 可以搭建一个全新的用户与商户沟通的平台，商家在符合安全政策的前提下根据用户的日常活动借助大数据统计，为经营策略规划、O2O 精准营销等提供决策辅助，为用户提供符合个性化需求的定制化服务，例如广告推送，打折信息等，从而实现商业价值最大化，提升企业的整体竞争力。

## 1.2 无线网络面临的挑战及发展趋势

企业 Wi-Fi 经过了近 20 年的发展，取得了巨大的成功，Wi-Fi 的最大贡献是将人们从传统的有线网络里解放出来，为个人用户、企业及运营商提供了各种服务。在全球范围内，Wi-Fi 承载了超过一半的数据流量。但同时，随着新产品、新技术的革新，无线网络现在及未来也面临着新的挑战。

### 1.2.1 极致移动体验

当企业的视频会议突然卡顿、生产线上的机器人得不到指令不能正常工作、学生正在边走边跟国外的导师沟通却发现网络中断，这些都影响着人们的网络体验。人们对移动体验提出了更高的要求：

- 稳定
- 快速
- 低时延

无线网络首先要有稳定性，保证用户业务不断网，这需要移动终端与无线网络有很好的兼容性，同时，无线网络有很好的漫游处理机制及网络冗余保障机制；

AR/VR/ 视频的使用对无线网络带宽的需求越来越高，而且会持续的增加，Wi-Fi 6 技术的逐步普及基本可以满足当前人们的带宽需求。

部分企业不愿意放弃有线网络转向无线最大的担心之一是时延和丢包，这通常是由于干扰引起的。尤其是 Wi-Fi5 和 Wi-Fi6 下在使用 80MHz 甚至 160MHz 的频宽时，更不可避免的会有相互干扰，因此要避免信道间的干扰并提高信道复用率。除此之外，增加 Wi-Fi 可用频段势在必行，美国 FCC 已经计划开放 6GHz 频段给 Wi-Fi 使用，这会很大程度提升人们对 Wi-Fi 的信心。

### 1.2.2 无线网络安全

无线网络由于其开放性，其安全性一直是大家关注的重点。企业无线网络要承载更重要的数据，其安全性是最大的挑战。无线网络的安全性通常包括射频安全，终端安全，网络准入安全及数据安全。

**射频安全：**无线射频由于其开放性最容易受到攻击，攻击者通过 DOS 攻击会导致网络不可用；而仿冒 AP 发射与企业相同的 SSID 信号诱导用户连接，从而获取用户账号信息；

**终端安全：**为保证接入企业网络的是企业授权的设备，企业笔记本通过加入域的方式授权，移动终端通过 BYOD 的数字证书来进行授权。但不是所有的设备都支持加入域或者 BYOD，如何保证终端设备不被假冒是企业无线网络安全面临的挑战。

**网络准入安全：**网络准入通常采用密码认证的方式，为了让用户有好的联网体验，就不能有复杂的安全认证；要保证网络安全，就必须牺牲用户体验，好像这两者很难统一。企业里一般采用有较高安全性的 802.1x 认证，以保证安全准入；酒店 / 机场 / 咖啡厅等公共场合一般采用简单的 portal 认证方式，或者简单的 PSK 密码方式，甚至是没有密码的 open 方式；而对于物联网设备，通用的方式是采用 MAC 认证。

**数据安全：**通常是通过加密来保证传输数据的安全。因此，加密算法的复杂性及密钥的保密性是数据安全的保障。

Wi-Fi 联盟发布的 WPA3 认证加密协议比 WPA2 安全性更高，给用户提供一个更高安全的无线网络；Enhanced Open 及 EasyConnect 技术为移动终端和 IOT 设备提供了更安全方便的接入方式。

### 1.2.3 网络自动化

未来的 Wi-Fi 市场竞争将会减少围绕硬件，而是逐渐转向管理平台，利用机器学习技术预测网络行为并自动执行更多的任务。

自动化（Automation）本身是指设备或系统在没有人或较少人的直接参与下，可以按照人的要求，经过自动检测、信息处理、分析判断、操纵控制，实现预期的目标的过程。网络运维自动化是指企业网络从实施到优化再到运维管理整个过程基本上自动完成，不需要或需要很少的人工干预。

时间成本，人力成本及用户体验是网络向自动化发展的主要驱动力。

**自动化部署：**传统的网络部署方式效率低，严重影响企业的数字化转型及业务扩展。一个跨地市或国家的企业部署企业无线网络，需要 IT 管理人员到各个分支机构单独配置部署设备，手工重复工作量大，配置繁琐。自动化部署借助 SDNAPI 或云管理方式实现网络设备的即插即用、全网的统一配置。

**自动优化：**AI-Ops 是网络运维未来的发展趋势。无线网络与有线网络的一个重要不同之处是无线网络需要根据现场环境及用户体验持续的优化，以往都是 IT 人员根据经验或用户反馈来进行优化工作，很难达到理想的优化效果。网络优化自动化利用 AI 及大数据分析实时收集现场网络运行情况，自动生成调优策略，自动完成网络优化配置，甚至可以根据每个人的网络行为习惯，定制个人特征的优化网络。

**自动故障处理：**以往的网络故障发现及处理都是事后响应，网管系统或用户报告网络故障后，IT 人员才知道网络故障并进行分析处理。网络自动故障预警借助于 AI 大数据对网络关键指标进行分析监控，基于历史和实时数据动态优化基线，进行网络异常预测，将网络潜在故障提前消灭在萌芽中。



## 2. 企业无线网络的发展

### 2.1 概述

近两年被炒的热火朝天的万物互联，也让短距离传输的新旧协议标准跟着风光。目前业内除了 Wi-Fi 外，还有以下常用协议标准：

- 蓝牙技术，始于 1994，由瑞典爱立信研发。是一种支持设备短距离通信（一般 10m 内）的无线电技术。能在包括移动电话、PDA、无线耳机、笔记本电脑等众多设备之间进行无线信息交换。目前的蓝牙标准是 Bluetooth 5.0，在传输距离、传输速率上及功耗上都比以前有明显提升。众多厂家的无线 AP 里内置蓝牙模块，一方面可以用在基于蓝牙的定位及电子围栏，另一方面是基于物联网传输的考虑。
- Zigbee，是一种短距离，低功耗，低速率，低成本的一种无线自组网通信技术，它的出现是为了弥补蓝牙协议的高复杂，功耗大，距离近，组网规模太小等缺陷。ZigBee 网络被广泛应用于家庭自动化、家庭安全、工业现场控制、环境控制、医疗护理、交通运输等各个领域。例如在智能家居里作为物联网设备的网关。
- RFID，是一种无线通信技术，可以通过无线电信号识别特定目标并读写相关数据，而无需读卡识别系统与特定目标之间建立机械或者光学接触。RFID 接收解读器凭借感应电流识别并发送出存储在芯片中的产品信息（无源标签或被动标签），或者由标签主动发送某一频率的信号（有源标签或主动标签），解读器读取信息并解码后，送至中央信息系统进行有关数据处理。RFID 已广泛应用于资产管理、门禁、停车场等物联网场景，其应用市场必将随着物联网的发展而扩大。
- NFC，近场通信，由 RFID 及互连技术整合演变而来。NFC 是一种短距高频的无线电技术，工作频率在 13.56MHz，20cm 距离内。卡与读卡器间非接触式进行点对点数据读取与交换。NFC 与蓝牙技术功能类似，但传输速率和传输距离没有蓝牙快和远，同时功耗和成本都较低，保密性好，这些优点让它成为移动支付和消费类电子的宠儿。
- LiFi，光保真技术，是一种利用可见光波谱（如灯泡发出的光）进行数据传输的全新无线传输技术。LiFi 能利用发光二极管 (LED) 灯泡的光波传输数据，可同时提供照明与无线联网，且不会产生电磁干扰，而且数据在光里传输，安全性高。其局限性主要是终端到光源的反向通信及环境干扰问题。目前 LiFi 的商用产品还很少。
- WiFiHaLow，基于联盟最新公布的 802.11ah WiFi 标准，用于低功耗、长距离传输。



HaLow 采用 900MHz 频段，低于当前 Wi-Fi 的 2.4GHz 和 5GHz 频段。更低功耗，同时 HaLow 的覆盖范围可以达到 1 公里，信号更强，且不容易被干扰。

几种技术的对比如下：

技术	Bluetooth	ZigBee	RFID	NFC	LiFi	WiFiHaLow	Wi-Fi
带宽	1~24Mbps	250kbps	1Mbps	106kbps	10 Gbit/s or higher	4 Mbit/s	< 10 Gbit/s (theoretically)
大约传输距离	50m	10~100m	10cm~10m	20cm	10m，具体依赖于无遮挡光	100~1000m	50~200m
频段	2.4GHz	2.4GHz	125KHz，13.56MHz，433MHz，2.4GHz 等	13.56MHz	光传输	900MHz	2.4GHz，5GHz
优点	功耗低，组网简单，成本低	功耗低，自组网，成本低	读写速度快，穿透性较好，可重复使用，数据记忆量大	功耗低，建网速度快，安全性好	速度快，安全性好	功耗低，传输距离远，穿透性好	速率高，部署简单，成本低
缺点	距离近，组网设备数量少，安全性差	速率低，稳定性差	安全性差，标准化差	传输距离近，速率低，无法验证身份	通信距离受障碍物影响，反向通信受限，易受干扰	速率低，支持的产品较少	5G 射频穿透性差
应用场景	各类数据 / 语音近距离传输，如耳机、手机	家庭自动化，工业现场控制，环境控制，医疗护理等传感器	资产管理，门禁，停车场等	目前最大应用场景是手机支付	目前以科学研究为主，极少实际应用	智能家居，工业控制等	企业，园区自建网络，高密度场景

表 2-1：短距离传输技术对比

## 2.2 Wi-Fi 发展历程

无线 Wi-Fi 20 年的发展历程，其实就是人们对高带宽不断追求的过程。从图 2-2 可以看出，Wi-Fi 几乎每经过 4-5 年左右就会出现一次技术变革，变革的主要目的是提高带宽。

- **11a/g**，理论带宽 54Mbps，并规定了 2.4G 与 5GHz 的 Wi-Fi 可用信道。
- **11n**，第一次在 Wi-Fi 技术里使用了 MIMO，在 2.4G 与 5GHz 下支持最多 4 根天线 4 空间流，同时支持 40MHz 的信道捆绑技术，以提高带宽。802.11n 40MHz 频宽下单空间流理论最大带宽为 150Mbps，因此 4 空间流最大带宽为 600Mbps。
- **11ac**，主要在 5GHz 的信道上做了优化，支持 80MHz 的频宽（wave2 阶段开始支持 160MHz），单条空间流在 80MHz 的频宽下最大带宽达到 433Mbps，虽然 11ac



设计可以支持8空间流,但实际产品中最多只用到4条流,4空间流时可达 1.733Gbps;在 11acwave2 阶段开始支持下行 MU-MIMO(多用户的 MIMO),将 AP 由每时刻只能有一个终端通信的 Hub 模式变成了可以多用户同时通信的交换模式,有效改善了网络资源利用率,让无线 AP 的通信能力大幅提升。

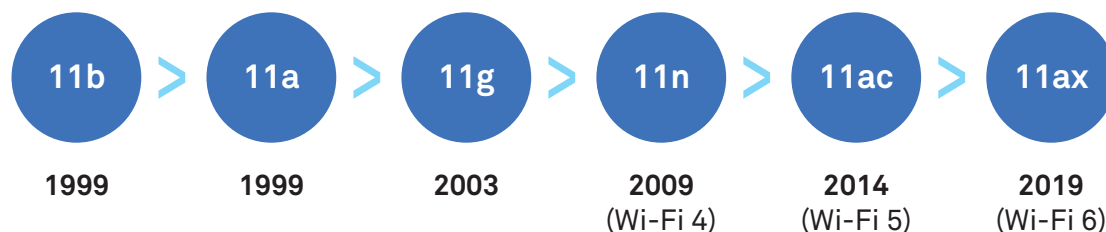


图 2-2: Wi-Fi 发展历程

- **1ax**, 2018.10 月, Wi-Fi 联盟为更好的推广 Wi-Fi 技术, 参考通讯技术命名方式, 重新命名 Wi-Fi 标准, 其中 802.11ax 被命名为 Wi-Fi 6, 11ac 被命名为 Wi-Fi 5, 以此类推。Wi-Fi 联盟计划在 2019 年对 Wi-Fi 6 产品进行认证, 因此 2019 年被看作是 Wi-Fi 6 元年。Wi-Fi 6 单空间流在 80MHz 的频宽下最大速率达到 600Mbps。同时 Wi-Fi 6 更注重用户体验的提升。

## 2.3 802.11ax(Wi-Fi 6) 新技术带来的影响

Wi-Fi 6 将在接下来的 5 年成为 Wi-Fi 市场的主力技术, 会带来以下改变以提高接入用户的体验:

- 理论带宽 9.6Gbps 的超高带宽
- AP 接入容量是 11ac 的 4 倍, 支持更多的终端并发接入
- 终端功耗节约 30% 以上, 满足物联网终端对低功耗的要求

根据 WFA 的 Wi-Fi6 白皮书, OFDMA、MU-MIMO、TWT、BSS Coloring 等 feature 及优势重点被提及, 下面简单介绍一下这几个技术。

### 2.3.1 OFDMA

OFDMA 是从 OFDM 演进过来的, 最早应用于通信技术。Wi-Fi 6 标准里也采纳了这种技术来提高频谱的利用效率。在传统方式中, 每个用户要发送数据(无论数据包的大小)都会占用整个信道, 由于无线网络中传输大量的管理帧与控制帧, 这些帧虽然数据包小但还是要占有整个信道, 就像一辆大公共汽车只拉了一个乘客; 如下图: 使用 OFDMA 在频域上

将无线信道划分为多个子信道（子载波），形成一个个频率资源块，用户数据承载在每个资源块上，而不是占用整个信道，从而实现在每个时间段内多个用户同时并行传输，不必排队等待、相互竞争，提升了效率，降低了排队等待时延。

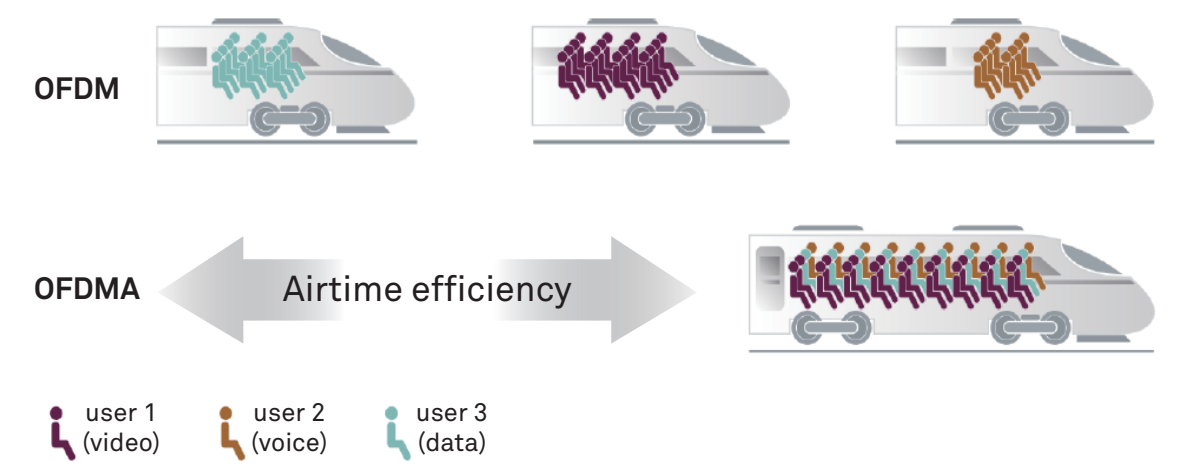


图 2-3: Wi-Fi 6 OFDMA(Source: Wi-Fi Alliance)

OFDMA 将一辆公共汽车( 20MHz )的频宽划分成 256 个小座位( 子载波 ), 每个座位( 频宽 )固定大小为 78.125KHz, 但是一个小座位（子载波）太窄了，都坐不下最小的孩子（传输不了基本的报文），因此将 26 个小座位（子载波）捆绑在一起称为一个最小的 RU（资源单元 Resource Unit），一个 RU 为 2MHz 的频宽（又称为 26-toneRU），一辆公共汽车（20MHz）最多可以同时运输 9 个乘客（9 个并发用户），剩余的空间用作座位间的隔离，如下图 20MHz 频宽的 RU 划分情况：

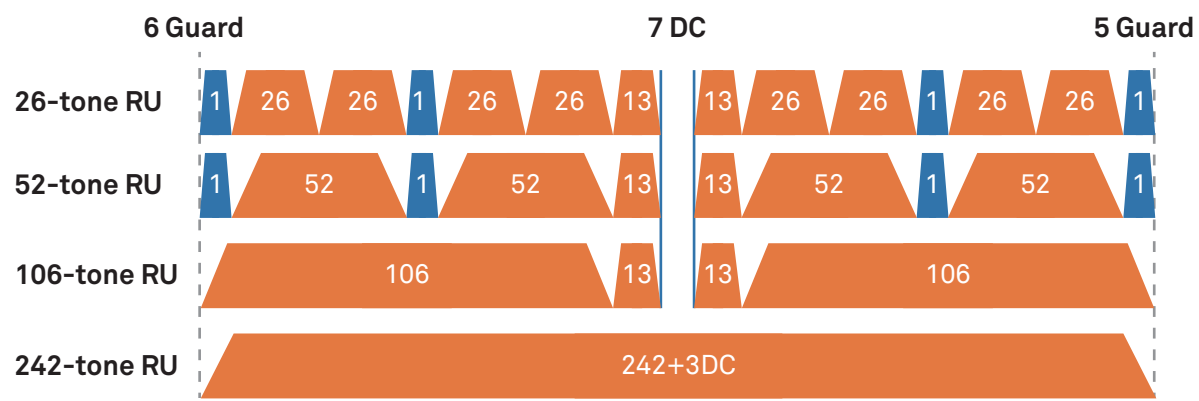


图 2-4: 20MHz OFDMA RU 划分

最多可以有 9 个相同大小的 RU，即可以并发 9 个用户。但如果用户输出的内容大小不同，或优先级不同，就可以有其他的组合或占用更多的 RU，例如 4 个 52-RU 与 1 个 26-RU 并发。在 20M/40M/80M/160MHz 频宽下一共有 7 种大小的 RU，26-RU，52-RU，106-RU，242-RU，484-RU，996-RU 及 2x996-RU。

Wi-Fi 6 既支持 Downlink-OFDMA，又支持 Uplink-OFDMA。在 Downlink 里，AP 根据用户下行的报文及优先级来决定分配 RU 的情况；但在 Uplink-OFDMA 里，执行起来要困难的多，AP 通过触发帧告知终端可以分配的资源，终端与 AP 协商分配 RU 及终端前导帧（preamble）的同步。

### 2.3.2 MU-MIMO

11ac wave2 的最大亮点就是 Downlink MU-MIMO，其 AP 节点可以同时向多个支持 MU-MIMO 的客户端发送数据包，解决了无线 AP 之前一次只能和一个终端通信的问题。

Wi-Fi 6 保持了这一技术，并发扬光大，可以同时支持向 8 个终端发送数据。而且在 Wi-Fi 6 里将支持 Uplink MU-MIMO，最多支持 8 个 1x1 用户的并发上行。

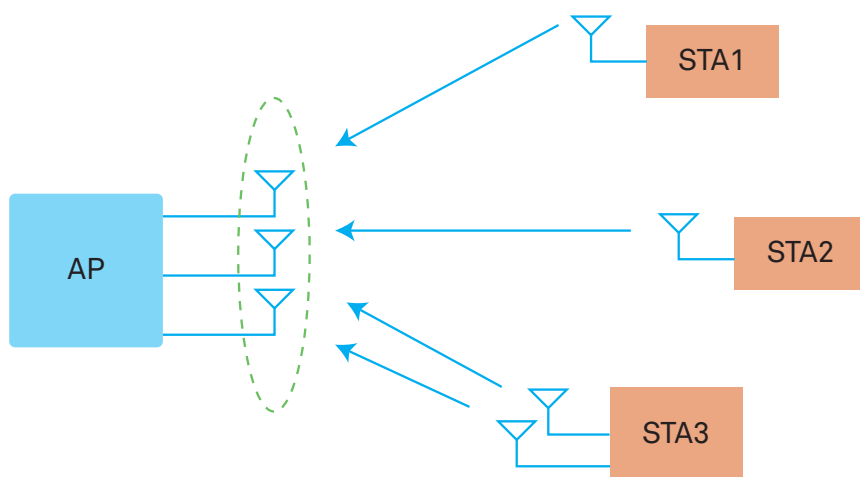


图 2-5: Uplink MU-MIMO

OFDMA 与 MU-MIMO 都是 Wi-Fi 6 的关键技术，分别在频率空间和物理空间上提供多路并发技术，带来了网络整体性能与速度的极大提升，全面优化用户体验。

### 2.3.3 Target wake time(TWT)

目标唤醒时间 TWT (Target Wake Time) 是 Wi-Fi 6 支持的另一个重要的资源调度功能，它允许设备协商什么时候和多久会唤醒发送或接收数据，无线接入点可以将客户端设备分组到不同的 TWT 周期，从而减少唤醒后同时竞争无线介质的设备数量。TWT 还增加了设备睡眠时间，从而大大提高了电池寿命。

比如，你家里有多台智能家居设备接入 Wi-Fi，AP 可以与每台设备单独建立“唤醒协议”，终端设备仅在收到自己的“唤醒”消息之后才进入工作状态，而其余时间均处于休眠状态。

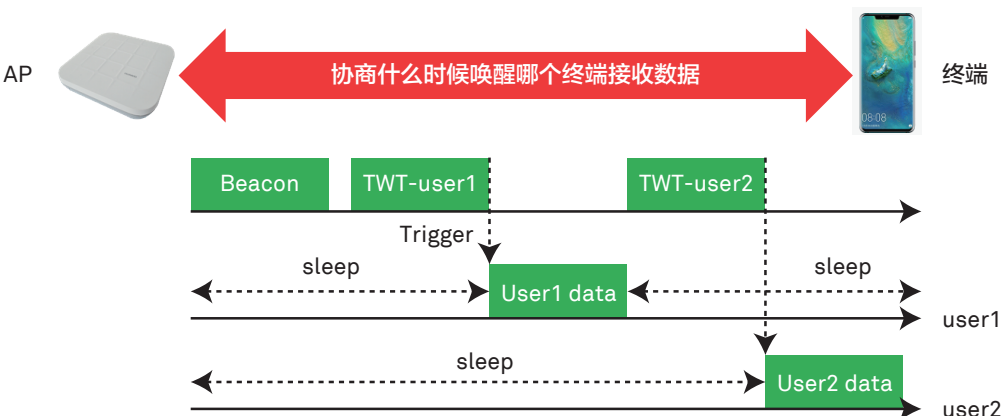


图 2-6：TWT 示意图

此外，TWT 可配合 OFDMA 技术，采用一种称为“广播 TWT”操作，AP 可以设定编排议程并将 TWT 值提供给多个 STA，这样一来，双方之间就不需要存在个别的 TWT 协议，同时唤醒多个设备实现传输视频、语音和数据等不同业务的多设备并行连接，并根据不同业务调整流量比例和优先级，从而提升用户体验。

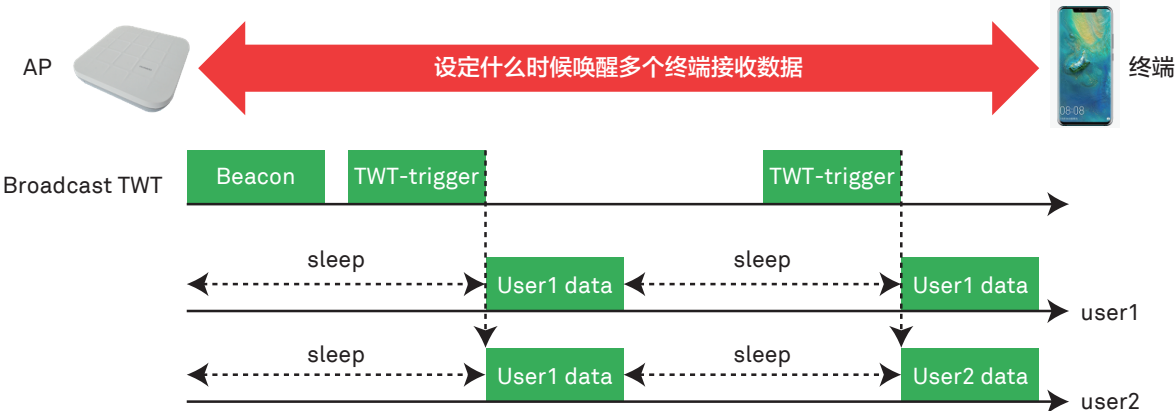


图 2-7：广播 TWT 示意图

TWT 功能充分体现了 Wi-Fi 6 拥抱物联网的决心，是对“使用 Wi-Fi 耗电快”最有力的回应。TWT 可以为电池供电的 IOT 设备节约 30% 以上的电量，使 Wi-Fi 真正成为 IOT 传输标准中的重要一员。

### 2.3.4 Spatial reuse(BSS Coloring)

频率资源的匮乏是 Wi-Fi 心中的痛，尤其是在封闭的高密度场馆里，部署多个 AP 时，AP 可以听到其他所有同信道 AP 的帧，即使是最强大的调频算法也难以解决同频干扰问题。

为了提升密集部署环境中系统整体性能和频谱资源的有效利用，Wi-Fi 6 提出了一种信道空间复用技术 ( Spatial reuse technique ) -BSS Color，在帧中增加了 6 个 bit 的标识符，可以区分不同 AP 相同信道的 BSS。如下图：AP-1，AP-2 与 AP-3 都工作在 36 信道，

发射相同的 BSS，通过 BSSColor，连接到 AP-3 的终端不会受到 AP-1 与 AP-2 的干扰，可以与 AP-1 或 AP-2 同时使用相同信道收发数据。AP-1 发现 AP-2 的 BSSColor 与自己相同，可以协商修改 Color 以避免冲突。

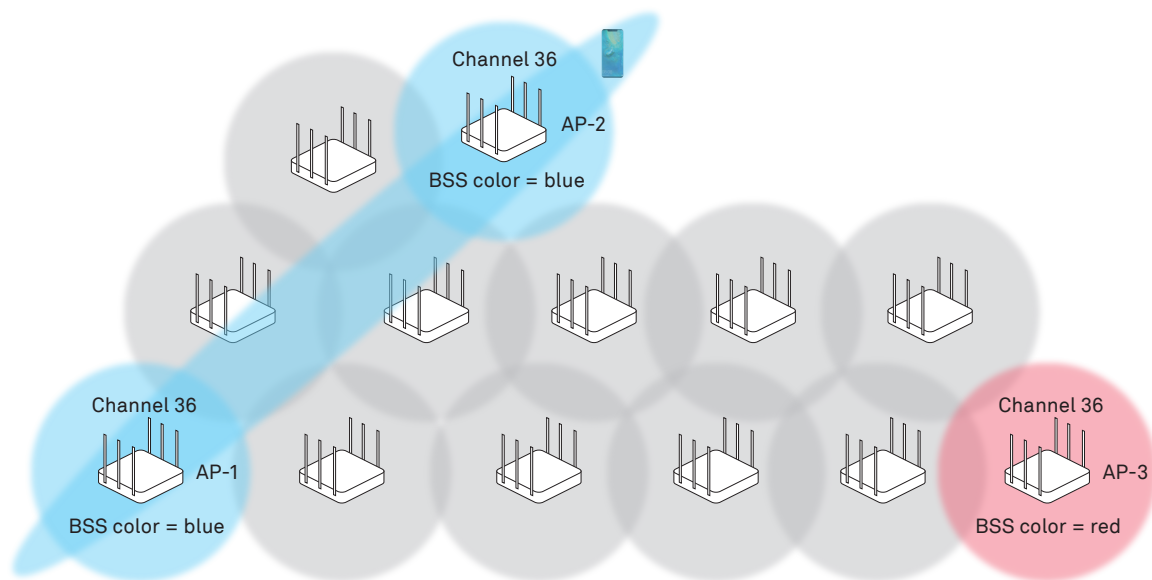


图 2-8: BSS Coloring

## 3. 企业 Wi-Fi 相关产业现状及发展趋势

Wi-Fi 联盟预计 2019 年中开始认证 802.11ax (Wi-Fi 6) 产品, Wi-Fi CERTIFIED 6。高通、博通、Marvell 等芯片厂商已经推出了 Wi-Fi 6 的芯片; 华为、Aruba、Ruckus、H3C 等主流厂家推出了自己的 Wi-Fi 6 的无线 AP 产品, 支持 Wi-Fi 6 的终端设备也会在近期发布。Wi-Fi 技术的革新正在推动整个技术产业的发展。

### 3.1 Wi-Fi 芯片产业现状及发展

随着物联网的不断普及, 电视机, 摄像头, 贩卖机, 越来越多的设备上搭载 Wi-Fi 芯片, 据统计, 目前 Wi-Fi 芯片的出货量每年超过 10 亿片, 而且还在增加。其中智能手机几乎占 Wi-Fi 芯片组出货量的一半, 智能手机一般搭载 1x1 天线的 11ac 芯片; 移动笔记本以 2x2 天线的 11ac 芯片为主。而且几乎所有的终端都同时支持 2.4G 及 5G Wi-Fi。企业 Wi-Fi 以 2x2 及 4x4 芯片为主, 3x3 芯片在 11ac wave2 阶段逐步被 4x4 芯片取代。另外支持 11n 的企业级芯片预计在 2019 年会完全退出历史舞台。

2018 年下半年, 芯片厂商已经开始为 Wi-Fi 6 的芯片造势, 纷纷宣称推出支持 Wi-Fi 6 的全系列芯片。这些芯片大多是基于 802.11ax 标准的 draft2.0 或 3.0 方案, 可以实现对 Wi-Fi 6 主要功能的支持, 并有望通过升级满足 Wi-Fi 联盟的 Wi-Fi 6 认证。2019 年初, 大量搭载 Wi-Fi 6 芯片的无线 AP 及移动终端将出现在市场上。支持 Wi-Fi 6 的芯片天线模式主要以: 1x1, 2x2, 4x4 与 8x8 为主, 其中无线 AP 以 5G 射频支持 2x2, 4x4 与 8x8 为主, 移动终端、笔记本及 IOT 设备将以支持 1x1 及 2x2 天线为主, 全部支持 2.4G 与 5G 双射频。

华为公司预测, 2019 年支持 Wi-Fi 6 芯片出货量占总出货量 10%, 到 2023 年将达到 90% 左右。这次向 Wi-Fi 6 标准的迁移, 给保持技术创新领域的芯片厂商们提供了又一个机会窗口, 将会帮助其实现收入和市场份额的增长。

### 3.2 移动终端设备产业现状及发展

2000 年以来全球累计交付了超过 200 亿部携带 Wi-Fi 功能的设备, 当前 Wi-Fi 在智能手机和笔记本电脑中的配售率已经接近 100%, 而且 Wi-Fi 的采用正在快速扩展到创新性消费类电子设备、物联网 (IoT) 和车辆中。只要有 Wi-Fi 连接可用, 即使用户有足够的运营商

流量，很多用户也会选择使用 Wi-Fi 连接，因此，Wi-Fi 几乎是所有电子设备的标准配置。

当前智能手机、平板电脑爆发式增长热潮有所消退，但相关市场的稳定增长依然具有较强的确定性，主要驱动力包括：（1）存量功能机尚未被完全替代，智能手机增量需求可期，发展中国家智能手机渗透率增长空间依然可观；（2）技术升级提升产品迭代速度，消费者更新换代周期进一步缩短。2-3 年更换新机几乎成为常态，持续的产品更新需求促进了智能手机市场的持续发展。（3）随着物联网等技术的强势推动，形式多样的终端类型层出不穷，作为新兴移动智能终端领域的可穿戴设备、智能家居、智能汽车、VR 设备等，都很有可能催生巨大的潜在市场。

随着消费者对时尚化、个性化的追求，智能终端持续创新是保持发展的推动力。2019 年市场上逐渐出现支持 Wi-Fi 6 标准的终端设备，而且会逐渐形成燎原之势，搭载最新技术 Wi-Fi 6 标准的终端数量将呈指数级增长。

## 3.3 无线网络设备产业现状及发展

无线网络设备主要涉及无线控制器和无线 AP。

### 3.3.1 无线网络管理的云化发展

无线控制器经过了一轮性能与容量的扩张后，目前最大管理的 AP 数量一般在 2k-10K 数量级，端口支持 40Gbps 甚至 100Gbps。随着 VxLAN 从数据中心网络走向园区网，“一网多用”的 overlay 架构成为新的趋势，有线与无线网络完全融合，园区网络成为多种业务的承载网，而且互相隔离不影响。原来的 AP 与无线控制器 AC 间的隧道转发模式逐步被 VxLAN 的 overlay 园区有线网络代替，无线用户流量本地转发到 VxLAN 网络，AC 逐步完全变成 AP 的配置与管理设备，而不以处理用户数据转发为主了。

随着无线部署规模越来越大、节点越来越多，传统的无线控制器模式很难满足管理的要求。这时云化管理出现了，云方式部署由于即插即用、容易管理、网络开放性高，而且云管理网络还可以提供相应的增值服务，例如客流分析、广告推送等业务，很快被客户接受。目前主流的设备厂商（Cisco/Aruba/Huawei 等）都在重点发展云模式，通过云管理模式抢占多分支企业市场及中小企业市场。除了厂家自己运营云管理平台外，通过 Wi-Fi as Service 的 MSP 方式租用也是云模式的一大特色。

采用云管理方式后，云 AP 加电后，获取到可以访问公网的 IP 地址后，根据初始化默认配置去云查询中心查找 AP 应该注册的云管理平台（厂商通常在全球各地有多个云管理平台），从云管理平台下发配置后正常工作。如下图所示：



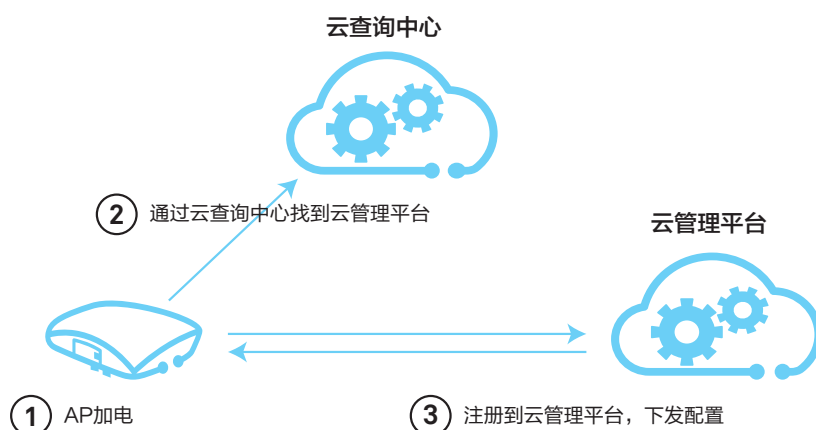


图 3-1: 云管理流程

越来越多的企业 Wi-Fi 将基于云模式部署。目前大部分厂商只提供公有云方式，但是部分大型企业出于隐私及安全考虑会选择私有云部署方式。

### 3.3.2 企业无线 AP 的现状与发展

无线 AP 作为无线网络的前端设备，主要负责射频发射及与终端的交互。因此无线 AP 自身差异性主要是硬件及支持协议的不同。无线 AP 的发展有以下几个趋势：

- （1）目前市场上的主流 AP 型号是 2.4G 与 5G 射频的双频 AP。仅支持 2.4G 或 5G 的单频 AP 几乎消失。
- （2）为满足不同应用场景的需求，设备厂商大都推出了场景化 AP，例如满足场馆高密度覆盖的双 5G 射频 AP、三射频 AP（1 个 2.4G，2 个 5G radio）。
- （3）为满足物联网场景的传输，设备厂商设计了物联网 AP，AP 内置蓝牙、内置或外置物联网插槽以扩展物联网模块。
- （4）为满足 11ac 及 11ax 的高带宽要求，高速率 AP 一般配置支持 2.5G 或 5G 以太网口。
- （5）虽然有多 MIMO 天线的 AP，例如 8x8，4x4 等高性能 AP，但高性能意味着高价格，目前市场上占比最大的仍然是性价比较高的 2x2 AP。

市场发展来看，当前企业市场出货无线 AP 以 11ac 为主，少量 11n 的存量产品。全球市场对 11ax 都抱有极大的信心与兴趣，根据 Dell'Oro 公司预测，随着 Wi-Fi 6 的正式发布，2019 年支持 11ax 的企业级室内 AP 的出货量将超过 4M Units，占全球室内 AP 出货量预计超过 10%，使用 11ax 的用户主要是新建 Wi-Fi 网络或者替换升级现有的 11n 设备。11n 产品逐渐退出历史舞台；从 2020 年开始 11ax 市场占有率将明显增长，随着 Wi-Fi 6 芯片的成熟及支持 Wi-Fi 6 终端的日益普及，Wi-Fi 6 将成为市场的主流，到 2023 年，预计支持 11ax 的企业级室内 AP 出货量将达到 30M Units，占全球企业级室内 AP 出货量的 90% 以上。也就是说，到 2023 年，90% 的企业无线网络都会选择 Wi-Fi 6。

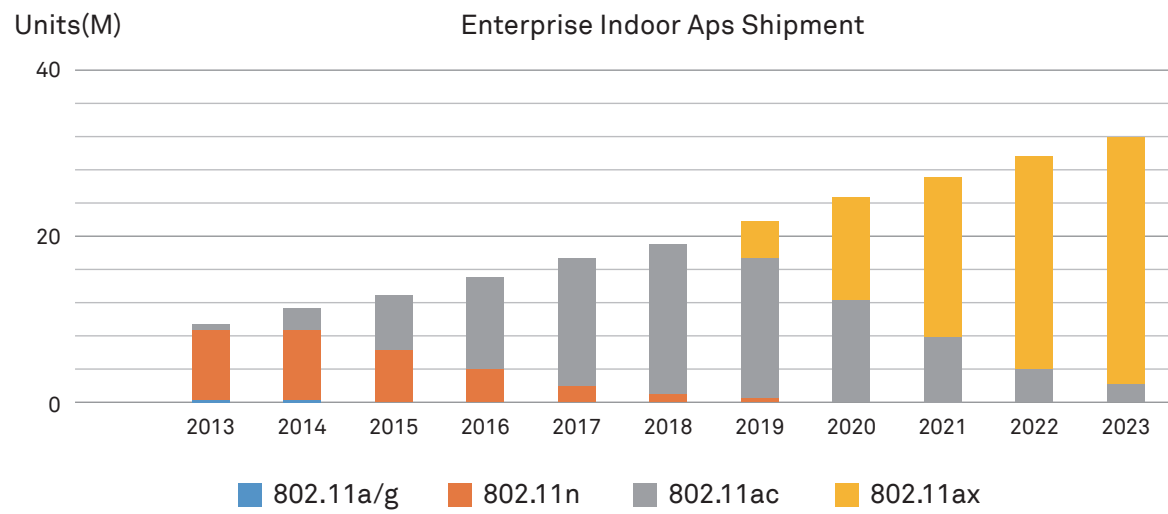


图 3-2：企业 Wi-Fi 设备出货量占比预测（Source: Dell'Oro）

### 3.4 新兴应用产业现状及发展

我们统计了几种新兴的主要无线应用在不同行业里对带宽需求，如下图可以看出 AR/VR 及 4K 都有高带宽的需求，他们被广泛应用到了教学、企业、医疗等行业。

场景	应用	带宽	时延
办公	视频会议	30Mbps	100ms
	4K 无线投屏	50Mbps（峰值）	50ms
	VoIP	512kbps	20ms
	VR 360 直播	50Mbps	10~20ms
	会议直播	30Mbps	50ms
教育	手游	3Mbps	80ms
	互动游戏 / 党课 VR	200Mbps（全交互）	10~20ms
	VR 远程教育	60Mbps	10~20ms
医疗	AR 增强现实	60Mbps	20ms

表 3-3：应用对带宽的需求

下面我们来分析一下这些应用设备的产业现状及发展。

### 3.4.1 VR/AR 产业

AR/VR 通过遮挡用户的现实视线，将其感官带入一个独立且全新的虚拟空间，为用户提供更深入、代入感更强的体验；AR 能够补充或增强用户眼中的现实世界。VR/AR 的出现使视频体验从平面扩展到了立体沉浸，改变了人们的生活方式。传统的 VR/AR 头盔笨重、难以长时间佩戴、视频图像不清晰导致头晕和目眩等不好体验。但随着 5G 及 Wi-Fi 6 的逐步普及，传输速率的极大提升及时延的降低，VR/AR 的用户体验会有很大提升。随时随地体验 5G 及 Wi-Fi6 带来的高质量 AR/VR，并逐步降低对终端和头盔的要求，实现云端内容发布和云渲染，是未来的发展趋势。

从下图市场预测来看，2018 年全球 VR/AR 设备发货量约在 1000 万台，据预测到 2025 年全球 VR/AR 出货量将暴增至 2.5 亿台，而且几乎 100% 的设备都支持 Wi-Fi 连接。据华为无线应用场景实验室（Wireless X Labs）和 ABI Research 估计，到 2025 年 AR/VR 市场将创造 2920 亿美元的价值（AR：1510 亿美元，VR：1410 亿美元）。

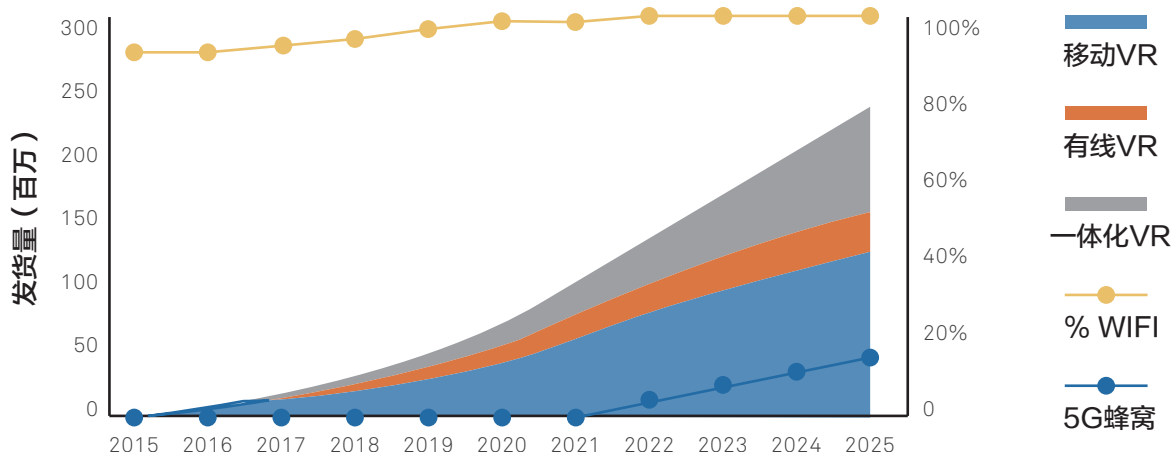


图 3-4：全球市场 VR/AR 出货量及连接类型预测 (Source: Wireless X labs, ABI Research)

### 3.4.2 4K/8K 产业现状及发展

4K 是指 4K 分辨率，8K 同样是代表 8K 分辨率。根据像素尺寸来说，4K 分辨率是  $3840 \times 2160$ ，8K 是前者的 4 倍，是 1080p 的 16 倍，达到  $7680 \times 4320$ 。从本质上提升视频的表现力，让用户能够感受到最优秀的画质所带来的视觉盛宴。4K/8K 产业涉及到设备播放厂商、内容厂商等上下游，当然还有网络提供商。高品质的画质需要高带宽来保障，服务一个 4K TV 用户，流量成本相当于服务 9 个 PC/PAD 用户。当前 4K 还没有完全普及，8K 已经在路上了。8K 分辨率不仅能带给用户广阔的视觉和高精细的画面效果，在画面层次和立体视觉方面有较为独特的效果。人眼立体感源于双眼观察物体时的视觉以及对远近物体不同的感知方式，8K 的高清晰影像能真实再现这些自然形成的差异，呈现实物的立体感和空间感。

一直以来，内容是 4K 终端普及的一大阻碍，来到 8K 时代也不例外。随着未来内容的越来越成熟，5G 及 Wi-Fi 6 网络和技术的成熟，会促进 4K/8K 面板的快速发展，人们的生

活也将进入 4K/8K 的崭新时代。2018 年 8K 占据 60 英寸及以上面板市场的 1%，预计到 2020 年将达到 9%，而到 2022 年 8K 面板的出货规模将达到 50%。

### 3.5 智能运维产业 —— 提升企业无线网络质量发展

如今，高质量的网络服务已经成为企业运营不可或缺的部分。从移动办公、高清视频会议到来宾接待，网络体验的好坏与员工效率和客户满意度紧密关联。然而，随着企业规模的不断扩大，越来越多的企业应用承载在无线网络上，这使得原本就难以衡量的网络环境比以往更加复杂。传统运维方式难以主动发现问题，故障修复效率低下，给 IT 人员带来了沉重的负担。

越来越多的设备厂商推出了自己的智能运维 AI-Ops 产品，其共同点是通过大数据分析、机器学习等算法自动学习网络行为并识别故障模式，帮助运维人员主动发现潜在的网络问题，打造卓越的网络服务保障体验。其主要特征如下：

- **用户全旅程体验可视，自动优化**

通过多维度采集网络数据，实时呈现每个用户的网络画像，全旅程网络体验可视（谁、何时、连接至哪个 AP、体验状态）。网络的监控不再以设备为中心，而是以用户体验为中心，对用户每时刻的状态进行历史行为回放，精确识别影响用户体验的问题。无线网络的环境是复杂多变的，难以依靠人工实时优化网络。智能运维系统可以根据无线用户历史体验给出网络优化建议，甚至在一定的限定范围内可以自动下发优化参数给系统。

- **网络潜在问题自动判别，主动预测**

与网络状况相关的 KPI 指标有很多，这些指标之间是否有关联关系？不同时刻的指标是否会对未来网络带来影响？如果网络运维还按照传统的资源监控方式，单点分析，那么对于 WLAN 网络这种无线接入、随时移动的用户而言，时效性和位置不确定性将会导致用户体验问题很难被实时识别。利用智能运维方案，通过大数据和 AI 技术，将各种指标之间的数据进行关联分析，将大大提升潜在问题识别率。另外，还可以利用机器学习技术，将大量的历史数据进行分析并生成动态基线，然后通过和实时数据对比分析从而预测可能发生的故障，借助数据驱动的洞察力，在用户和企业业务受到影响之前，通过主动判别和解决问题，不断提高网络性能。

- **网络故障智能分析，自动修复**

从用户接入到应用访问，看似简单的过程，在网络中间会经历无数个节点，每一个节点都可能是问题的故障点或影响体验的节点。因此，有时 IT 人员知道用户体验出现了故障，却无法快速定位出故障节点，问题迟迟得不到解决。虽然 IT 人员可根据问题现象和相关日志信息每节点逐一的排查，但这种靠投入大量 IT 人力的运维手段对如今大规模的无线企业网络显然是十分低效的。企业需要通过智能化运维系统，借助机器学习的能力，让机器来管理机器，智能识别出故障模式，利用大数据分析平台自动分析

问题可能发生的原因，并给出修复建议，甚至自动修复。

智能运维的终极目标就是减少对人的依赖，逐步信任机器，实现机器的自判、自断和自决，但是智能运维技术在企业的落地，不是一蹴而就的，是一个渐进和价值普及的过程。智能运维产业的发展还有很长一段路要走。

## 3.6 Wi-Fi 6 带动的其他技术产业发展

### 3.6.1 802.3bt POE 供电交换机

为了方便部署，无线 AP 一般采用 POE 供电。无线 AP 的技术发展的同时，对功耗的消耗也越来越大，例如 11n 及以前主要采用 802.3af 供电；到了 11ac，AP 由于同时搭载了 USB/BLE 等模块，甚至作为 PSE 给 IOT 设备供电，所以一般需要 802.3at 供电；Wi-Fi 6 的 AP 对功耗的需求进一步提升，802.3at（30W）协议不能满足所有应用场景。

802.3bt 标准已于 2018 年获得通过，将 PSE 供电能力提升三倍，从 30W 扩展到 90W，受电设备 PD 的功率提升到了 71W。这为 Wi-Fi 6 的大规模部署铺平了道路。企业在选购 POE 交换机时应该考虑未来几年的供电需求。

### 3.6.2 802.3bz 支持 2.5G/5G 以太网交换机

IEEE 802.3bz(2016 年 9 月 22 日通过标准)，无需更换线缆，兼容主流的 Cat 5e/6 线缆，将速率提升到 2.5Gbps（2.5GBASE-T）与 5Gbps（5GBASE-T）两种规格。在 11ac 时代里部分 AP 已经配备了支持 802.3bz 的以太网口，以防 AP 的上行出口成为网络带宽的瓶颈。但由于 AP 的实际用户吞吐量达不到千兆以上，因此用户更换为支持 802.3bz 交换机的意愿并不大。

Wi-Fi 6 在网络的整体性能上有了巨大提升，支持 802.3bz 协议的以太网口会是高性能 AP 的标配，因此部署高性能 Wi-Fi 6 无线网络时需要考虑支持 802.3bz 的交换机。

因此，Wi-Fi 6 的普及将会带动支持 802.3bt 及 802.3bz 协议交换机的市场发展。

# Wi-Fi 的经济价值

Wi-Fi 是技术时代最伟大的成功案例之一，它的社会效益早已为人们所熟知。Wi-Fi 给人们带来了连接和娱乐，并协助创造了各种新的技术、行业和职业。目前有近 130 亿台 Wi-Fi 设备在使用中，个人、家庭、政府、全球组织每天都依赖于 Wi-Fi。

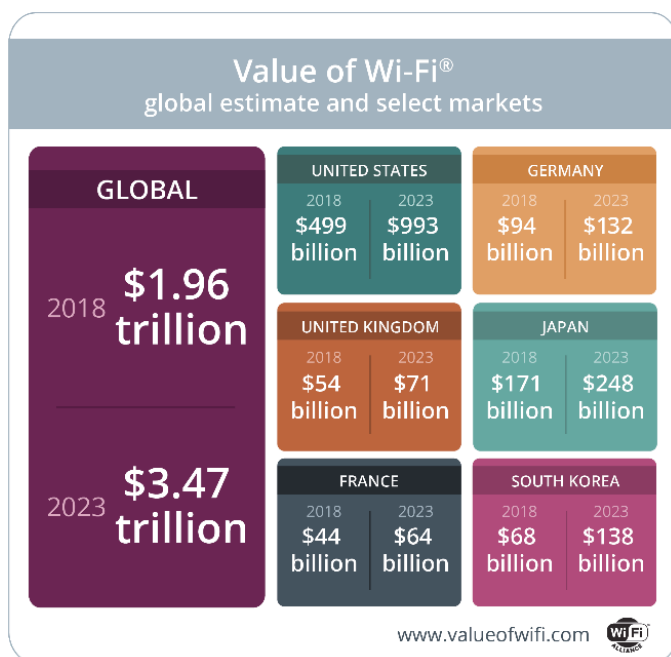
## 定义经济价值

2018 年，Wi-Fi 联盟委托了一项关于 Wi-Fi 全球经济价值的研究。研究的结论是，Wi-Fi 在以下四方面给经济带来的影响最大：开发替代技术，扩大消费者选择；创造创新的商业模式，提供独特的服务；扩大固定和移动通信服务的接入；并补充有线和蜂窝技术，以提高其有效性。

该研究回顾了 Wi-Fi 为消费者和生产者提供的有形的经济收益，并且增加了对国内生产总值（GDP）的净贡献。经济收益被称为经济盈余，包括消费者和生产者盈余。消费者和生产者盈余的价值以及对 GDP 的贡献是由多项输入组成的，包括 Wi-Fi 在公共区域、住宅区、企业网络、设备制造、蜂窝网络分流和运营商收入等因素下对经济的影响。

## 关键发现

根据报告，在 2018 年，全球 Wi-Fi 贡献的经济价值为 \$1.96 Trillion，预计到 2023 年全球 Wi-Fi 的产业经济价值将达到 \$3.47 Trillion。



经济价值的主要来源包括在家庭中和企业 Wi-Fi 网络中使用的 Wi-Fi。通过终端制造、蜂窝运营商分流到 Wi-Fi，以及在商场、体育场馆、交通枢纽等场所越来越多的使用 Wi-Fi 热点，在生产者细分市场也发现了 Wi-Fi 的经济价值。此外，Wi-Fi 将带来的经济价值和机会，对于 Wi-Fi 覆盖匮乏的乡村和偏远地区，是一个关键的解决方案，同时也提供了一个重要的免费上网平台。

更多详情，请访问 [www.valueofwifi.com](http://www.valueofwifi.com)。

来源：Wi-Fi 联盟



## 4 如何建设未来新兴行业应用的无线网络

目前，无线网络凭借部署容易、建设成本低、适用环境广泛等优势，被越来越多的企业所利用。基于企业无线网络，使得办公、生产现场的数据能够通过无线网络直接上传和共享，极大的提高了企业办公和生产效率。随着更多更大范围的应用加入无线网络，甚至工业通讯也开始利用无线网络，如今的企业无线网络不再仅仅是释放一个无线信号和快速安全的无线接入，特别是 VR、4K 视频、AGV 工业应用等大带宽低时延的无线应用将快速崛起，从现在开始，企业在建设无线网络时就需要考虑应对未来的行业应用，同时还要兼顾工业生产物联网场景，实现大互联。

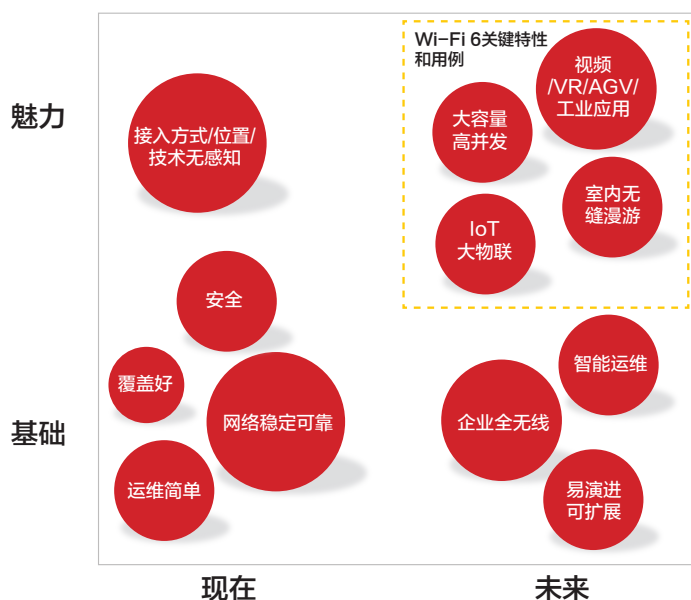


图 4-1：企业用户对 WLAN 网络的诉求

新技术的应用提升了企业办公和生产效率，最新一代的 Wi-Fi 6 使得企业建设面向未来大规模的 VR/4K/AGV 等行业应用的无线网络成为可能。在 Wi-Fi 6 时代，无线网络带宽、容量、时延将得到较大的改善，企业部署无线网络时通过良好的网络规划和设计，将会最经济最高效的拥有一个满足未来 5 年应用的无线网络

### 4.1 4K over Wi-Fi 的网络部署指导

4K 不仅仅是视频分辨率的提升，还带来了视频质量的 4 大优化：首先是画面更清晰；其次是画面更流畅；再次是色彩更真实；最后是色彩更自然。一般情况下，4K 视频流的码率是相同帧率 / 相同压缩编码方式的全高清（FHD）视频流码率的 4 倍以上，对网络带宽的要求也随之大幅增长。



4.1.1 4K 视频对带宽的需求

4K 不仅仅是视频分辨率的提升，还带来了视频质量的 4 大优化：首先是画面更清晰；其次是画面更流畅；再次是色彩更真实；最后是色彩更自然。一般情况下，4K 视频流的码率是相同帧率 / 相同压缩编码方式的全高清（FHD）视频流码率的 4 倍以上，对网络带宽的要求也随之大幅增长。

4K 商用节奏		2014~2016	2015~2016	2017~2019	2020+
		入门级 4K 4k@30p 8bit	运营级 4K 4k@60p 10bit	极致 4K 4k@120p 12bit	8K 8k@120p 12bit
码率	直播	25-30M	25-35M	25-40M	50-80M@H.266
	点播	12-16M	20-30M	18-30M	35-60M@H.266
带宽要求		>30M	>50M	>50M	>100M

Source: Huawei iLab

从这个趋势来看，Wi-Fi 承载运营级 4K 视频要求单终端至少 50M 带宽，在将来单终端需要有 100M 的带宽。

4.1.2 网络规划

企业办公场景对用户无线网络带宽影响较大的因素主要有两个：Wi-Fi 网络信号质量和接入规模。未来企业办公场景中移动终端（笔记本）基本都支持 2\*2MIMO，为了达到 50M@everywhere 的业务目标，我们建议按照每个 AP 支持 12 个终端并发来进行规划。因此，在办公场景下，建议每个 AP 覆盖的终端数为  $12/30\%$ （并发率）=40。按办公场景终端密度 0.5 个 / 平方米来计算，建议每个 AP 覆盖的面积为  $40/0.5=80$  平米，覆盖半径 6 米左右，同时要考虑连续覆盖保证漫游效果，因此在较密集的区域覆盖半径可以更小一些。对于连续半开放空间，我们推荐的 AP 点位规划如下图所示。

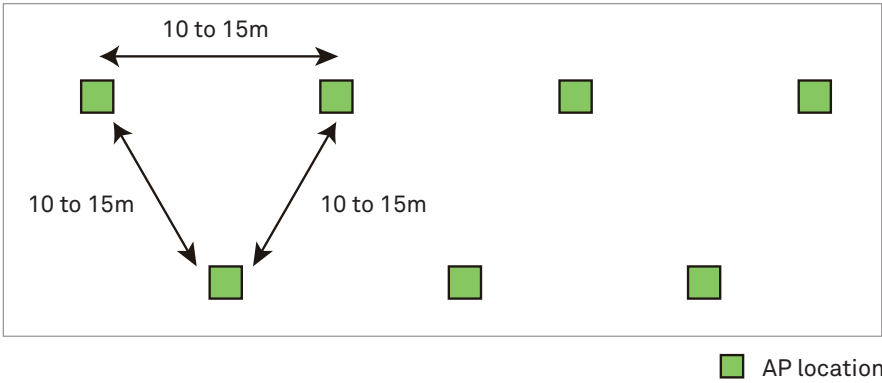


图 4-2：企业办公场景点位规划

4.1.3 AP 选型

AP 选型既要考虑业务性能，又要考虑经济性，对企业办公场景，承载大规模 4K 视频业务的区域我们建议选择 AP 时需要考虑以下几点：

AP 硬件考虑	软件功能考虑
802.11ax（Wi-Fi 6）	智能射频调优
双频 4 空间流以上	动态抗干扰
智能天线	智能漫游
支持 IoT 扩展（可选）	应用识别与加速

4.2 VR/AR over Wi-Fi 的网络部署指导

目前主流 VR/AR 应用有两大类：基于全景视频技术的在线点播和事件直播；基于计算机图形学的 VR/AR 单机游戏、VR/AR 联网游戏、VR/AR 仿真环境等。高盛预测，2025 年 VR/AR 将在游戏、直播、医疗保健、房地产、零售、教育等 9 大行业得到广泛应用。

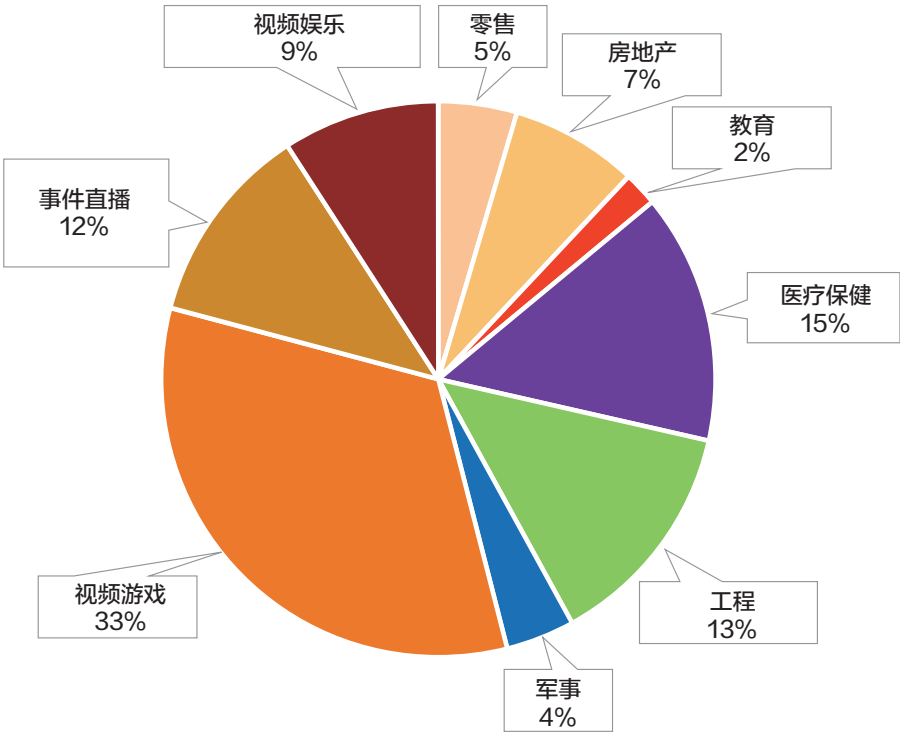


图 4-3：VR/AR 9 大应用规模预期 (Source: Goldman Sachs Global Investment Research.)

无论哪种行业哪种 VR/AR 应用，都涉及海量信息的实时连接和流动，这将对网络带宽和时延带来很大的挑战。

4.2.1 VR/AR 应用对带宽的需求

阶段		起步阶段	舒适体验阶段	理想体验阶段
Cloud VR 视频业务	带宽要求	>60Mbps	>75Mbps	>230Mbps ( 12K )
	RTT 时延要求	<20ms	<20ms	<20ms
	丢包要求	$9 \times 10^{-5}$	$1.7 \times 10^{-5}$	$1.7 \times 10^{-6}$
Cloud VR 强交互业务	带宽要求	>80Mbps	>260Mbps	>1Gbps ( 12K )
	RTT 时延要求	<20ms	<15ms	<8ms
	丢包要求	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-6}$

Source: Huawei iLab

从上面表中可看成不同阶段 Cloud VR 业务（VR 云化将进一步降低网络时延和带宽）对网络带宽和时延要求也不同，视频业务要实现舒适体验，Wi-Fi 网络时延要在 20ms 以内，同时单终端带宽还需要有 75Mbps 以上；交互式 VR 业务则要求时延在 15ms 以内，同时单终端带宽高达 260Mbps。

4.2.2 网络规划

VR/AR 应用目前主要在游戏、零售、教育、医疗行业先得到应用，其中游戏行业以交互式 VR/AR 为主，零售、教育、医疗行业以 VR/AR 视频为主。VR/AR 视频舒适体验指标与 4K 视频对网络的要求类似，可参考 4.1.2 章节的网络规划。交互式 VR/AR 游戏场景，单终端带宽要求 260Mbps 以上，如此高带宽的应用使得无线网络中的网页浏览、E-Mail 等其他无线业务带宽忽略不计，同时覆盖范围也不是主要考虑方向。我们建议按照每个 AP 支持 4 个 VR/AR 终端并发来进行规划，VR/AR 业务终端离 AP 尽可能近一些，开启 AP 应用识别和应用加速功能，并且严格控制接入规格，以充分保证每用户业务体验。

4.2.3 AP 选型

目前的 VR/AR 应用场景类似中小学学生教室，属于区域型独立覆盖，在选择 AP 类型时，尽可能的保证每用户带宽和业务时延：

AP 硬件考虑	软件功能考虑
802.11ax ( Wi-Fi 6 )	智能射频调优
三射频	动态抗干扰
8 空间流	应用识别与加速

## 4.3 AGV over Wi-Fi 的网络部署指导

无人化是未来智慧工厂的大趋势，而替代人工完成包括物件运输、分拣等环节的机器人无疑是智慧工厂的重要设施，越来越多的货物搬运工作将交由 AGV 小车完成。作为在工业场合运行的设备，首先需要确保通讯的可靠性，同时，由于 AGV 小车装卸作业需要往返于不同工作区域且各个位置金属遮挡面不同，要求 Wi-Fi 既要做到无死角覆盖，又要 AGV 小车能够在多个 AP 之间无损漫游，确保与后台的交互正常无误。

### 4.3.1 AGV 应用对带宽的需求

AGV 智能仓储应用场景，带宽要求非常低，通常是 512Kbps。但对 Wi-Fi 网络带来的挑战是大范围、高速移动下的 AGV 小车数据传输时延和漫游可靠性问题。通常 AGV 对时延和漫游要求是小于 50ms，对于只有一台工作的 AGV 小车时容易实现，但当 1000m<sup>2</sup> 的空间里有 50 台甚至 100 台小车同时工作时，要达到 50ms 甚至是 10ms 的时延要求，需要无线网络有很好的规划，并且跟 AGV 小车的无线网卡有很好的兼容性。

### 4.3.2 网络规划

AGV 仓储场景部署方式较为复杂，在空间较高 (8~12 米) 且遮挡较多的货架区域，我们建议部署时采用定向天线 AP 在走道两侧安装部署，绕开遮挡；在空旷的运输区域，我们建议部署时采用定向天线 AP 吸顶安装部署，空间高度低于 8 米时，也可以采用全向天线 AP 部署。每 1000m<sup>2</sup> 最多 100 台终端，AGV 终端密度较低，同时带宽要求也非常低（每台 AGV 小车 512Kbps），因此，我们最需要关注的是覆盖范围是否能够要求，一般这种场景我们建议 AP 部署间距在 15 米左右。

### 4.3.3 AP 选型

前面已经提到，AGV 小车对带宽要求非常低，且整个网络内 AGV 小车的接入密度也不高，因此，我们在 AP 选型时可考虑接入规格和带宽都不大的经济型 AP，但需要 Wi-Fi 网络同时需要拥有快速高可靠漫游能力。

AP 硬件考虑	软件功能考虑
802.11ax（Wi-Fi 6）	智能射频调优
双射频	动态抗干扰
智能天线、定向天线	无损漫游
支持 IoT 扩展（可选）	应用识别与加速

# 5. 总结

企业级 Wi-Fi 发展至今，在标准快速迭代和需求场景爆炸式增长的双重推动下，已经由最初的“固定网络延伸”，发展为一个包含无线接入点、AC 控制器、网管和认证系统的完整网络解决方案，承载在网络上的业务，也不再是简单的“访问移动互联网”这样的消费需求，企业级 Wi-Fi 已经成为支撑各行各业实现数字化转型，提升生产和工作效率的基础设施。一个好的无线网络，则可大大提升企业的运作效率，提升员工的满意度，并且支撑企业部署更为丰富的数字化、智能化业务。因此，如果您还没有部署 Wi-Fi 网络，或者您的 Wi-Fi 网络已经无法满足企业数字化业务发展的需求，我们建议您尽快部署或升级最新的 Wi-Fi 网络，并给您如下考虑要素：

- **未来无线网络发展趋势**

未来全无线网络发展和演进存在 3 个典型趋势：

- （1）用户对无线网络的需求从基于覆盖的连接，转向高感知的宽带体验（高可靠信号、视频级容量、毫秒级时延）；
- （2）多种物联网应用和 Wi-Fi 网络混合部署，多种组网间的站点融合，容量协同规划，以及网络间的干扰规避；
- （3）网络承载的业务更加复杂，有大带宽的视频业务，有低时延的 VoIP 业务，甚至有一些特殊设备的可靠性连接业务，如何通过精准合理的 QoS（Quality of Service，服务质量）策略，来层次化的保障不同业务的体验。

- **用户接入和数据安全**

传统的企业 Wi-Fi 安全技术，主要关注无线侧的安全，包括无线用户接入认证、空口数据安全传输以及空口防攻击和防仿冒；未来的企业 WLAN 网络安全要和网络安全技术进一步融合，包括用户权限和企业数据资源的灵活控制、无线和有线安全策略一体化；无线控制器 AC 与防火墙、病毒检测、上网行为分析系统更好的联动，真正实现“合法用户访问合法网络，异常用户强制下线，杜绝非法访问威胁企业网络和数据安全”。

- **无线网络与新技术新产业**

无线网络与企业新技术新产业发展息息相关。企业智能化过程中会用到大量的物联网（IOT）设备，平滑地引入物联网并进一步强化业务应用并非易事。Wi-Fi 6 已经从安全、接入、容量、时延及节电等方面为物联网做好了充分准备。同时 Wi-Fi 作为数据的重要入口，为大数据分析提供各种数据来源，有了物联网设备的加持，大数据分析在准确性及内容上进一步加强。

相应的，机器学习与人工智能等新技术也在促使 Wi-Fi 网络走向智能化，基于机器学习的动态调频，及历史行为的准入控制等都为 Wi-Fi 注入了新的活力，让 Wi-Fi 网络在企业商业成功的道路上扮演越来越重要的角色。



图 5-1：未来预测（红色为预测 2023 年，灰色为 2018 年）

数以百亿计的移动终端互联，海量边缘数据产生、计算与传输，越来越多的超融合应用，这一切都意味着我们进入万物互联的智能时代，在这个时代里，快速、稳定、安全、智能的企业 Wi-Fi 网络，将为企业数字化转型的成功保驾护航。

**版权所有 © 华为技术有限公司2019。保留一切权利。**

非经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本文档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

## **商标声明**



和其他华为商标均为华为技术有限公司的商标。

本文档提及的其他所有商标或注册商标，由各自的所有人拥有。

## **注意**

您购买的产品、服务或特性等应受华为公司商业合同和条款的约束，本文档中描述的全部或部分产品、服务或特性可能不在您的购买或使用范围之内。除非合同另有约定，华为公司对本文档内容不做任何明示或默示的声明或保证。

由于产品版本升级或其他原因，本文档内容会不定期进行更新。除非另有约定，本文档仅作为使用指导，本文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。

## **华为技术有限公司**

地址：深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼

邮编：518129

网址：[www.huawei.com](http://www.huawei.com)