

# 5G 低功耗高精度定位芯片研究

2023 年 4 月

## 研究报告要点

本研究报告主要是 5G 低功耗高精度定位芯片的研究。空间定位在物联网时代是一种基础能力，基于精准的定位数据才能实现各种物联网应用，而 5G 通信技术为高精度定位的实现提供了契机。5G 通信以高速率、低时延、大量连接等为特征，其关键技术包括大规模天线阵列、超密集组网、新型多址、全频谱接入和新型网络架构等。基于 AOA、DL-TDOA 和 UL-TDOA、小区 ID 或 E-CID 等已知技术的定位方法在 5G 将会具有更高的精度。现有的各种卫星定位和通讯定位技术，都存在一定的短板和盲区，而相比之下 5G 定位技术最大的优势就在于具备室内室外一张网以及通讯定位一张网的能力。面向丰富的 5G 定位应用场景需求，包括石油化工、工业制造、物流仓储、公检法、地下作业、建筑施工等，5G 高精度定位技术应运而生。当前 3GPP 在 RAN 第 96 次会议上宣布 5G R17 标准冻结，其中包括对于定位功能的进一步增强，定位精度目标从室内 3 米、室外 10 米提升到到了亚米级，定位的时延要求小于 100ms。这标志着 3GPP 进一步拉开了面向工业物联网的 5G 持续演进增强、深度耦合蜂窝通信与定位的宏大序幕，凸显了工业物联网对于 5G 定位技术巨大商业需求及前景。

5G 低功耗高精度定位芯片和目前仍没有相关的国家或行业标准，以及相应的研究报告。5G 定位在各行业应用场景对于高精度低功耗芯片和有着功能和性能的要求，包括支持频段、射频指标、定位方法、精度、带宽、功耗等，因此应对芯片和的设计方法以及各方面技术指标加以研究。

# 目 录

目 录.....	I
1 芯片功能及技术指标.....	1
1.1. 概述.....	1
1.2. 定位芯片的功能和性能要求.....	1
1.2.1. 各应用场景定位需求.....	2
1.2.2. 定位芯片的功能和性能要求.....	5
1.3. 各定位技术芯片的现状分析.....	6
1.3.1. GNSS.....	6
1.3.2. WI-FI.....	7
1.3.3. 蓝牙.....	8
1.3.4. UWB.....	8
1.3.5. 5G.....	9
1.3.6. 小结.....	11
1.4. 5G 定位芯片的设计方向.....	12
1.4.1. 定位技术选择.....	12
1.4.1.1. DL-TDOA.....	12
1.4.1.2. DL-AOD.....	13
1.4.1.3. UL-TDOA.....	13
1.4.1.4. UL-AOA.....	13
1.4.1.5. MULTI-RTT.....	14
1.4.1.6. E-CID.....	14
1.4.1.7. 小结.....	15
1.4.2. 定位信号带宽.....	15
1.4.3. 定位流程简化.....	16
1.4.4. 电路架构优化.....	18
1.5. 5G 定位芯片的参考规格.....	18

1.5.1.	定位精度 .....	18
1.5.2.	支持频段 .....	18
1.5.3.	发射功率 .....	19
1.5.4.	功耗 .....	19
1.5.5.	电气性能（耐受电压、电流） .....	19
1.5.6.	工作和储存温度 .....	20
2	芯片测试及验证方法 .....	20
2.1.	概述 .....	20
2.2.	测试需求 .....	20
2.3.	测试环境 .....	20
2.3.1.	实验室测试网络部署 .....	20
2.3.2.	被测终端基本要求 .....	21
2.3.3.	测试卡要求 .....	21
2.4.	设备仪表 .....	21
2.4.1.	定位系统的基站和核心网 .....	21
2.4.2.	协议一致性、射频一致性、功耗测试仪表 .....	21
2.4.3.	高低温试验箱 .....	21
2.5.	基本功能测试方法 .....	22
2.5.1.	系统接入与注册 .....	22
2.5.2.	安全模式 .....	23
2.6.	定位功能测试方法 .....	25
2.6.1.	定位系统的基站和核心网 .....	25

# 5G 低功耗高精度定位芯片研究

## 1 芯片功能及技术指标

### 1.1. 概述

空间定位在物联网时代是一种基础能力，基于精准的定位数据才能实现各种物联网应用，而 5G 通信技术为高精度定位的实现提供了契机。5G 通信以高速率、低时延、大量连接等为特征，其关键技术包括大规模天线阵列、超密集组网、新型多址、全频谱接入和新型网络架构等。基 AOA、DL-TDOA 和 UL-TDOA、小区 ID 或 E-CID 等已知技术的定位方法在 5G 将会具有更高的精度。现有的各种卫星定位和通讯定位技术，都存在一定的短板和盲区，而相比之下 5G 定位技术最大的优势就在于具备室内室外一张网以及通讯定位一张网的能力。面向丰富的 5G 定位应用场景需求，包括石油化工、工业制造、物流仓储、公检法、地下作业、建筑施工等，5G 高精度定位技术应运而生。当前 3GPP 在 RAN 第 96 次会议上宣布 5G R17 标准冻结，其中包括对于定位功能的进一步增强，定位精度目标从室内 3 米、室外 10 米提升到到了亚米级，定位的时延要求小于 100ms。这标志着 3GPP 进一步拉开了面向工业物联网的 5G 持续演进增强、深度耦合蜂窝通信与定位的宏大序幕，凸显了工业物联网对于 5G 定位技术巨大商业需求及前景。

5G 低功耗高精度定位芯片和目前仍没有相关的国家或行业标准，以及相应的研究报告。5G 定位在各行业应用场景对于高精度低功耗芯片和有着功能和性能的要求，包括支持频段、射频指标、定位方法、精度、带宽、功耗等，因此应对芯片和的设计方法以及各方面技术指标加以研究。

### 1.2. 定位芯片的功能和性能要求

各个定位应用场景对于定位终端应实现的功能和性能有着不同的要求，相关的标准组织对于此也制订出规范加以定义，因而终端所使用的 5G 定位芯片对于不同场景也需要满足一定的功能和性能的要求，包括定位精度、工作时长、衰落环境、终端形态尺寸、部署运营方式、成本等。研究分析如下：

### 1.2.1. 各应用场景定位需求

- **智慧商超:**

商超领域，利用位置信息提高消费者购物体验，产品推送及运用位置数据优化运营，主要特点是定位终端在消费者侧，需要要求定位终端具有通用性、成本低的特点，同时其对定位精度要求 1~3 米，可以定位到车位或者商超区域。

- **智能制造**

智能制造领域，位置信息主要用来提升生产效率及供应链管理以此提高产品质量。智能制造对定位精度具有较高要求，需要 10~30cm 定位精度。定位终端通常为卡片式或腕带式，主要面向设备和企业员工，可以定制，但功耗尽量低。单车间内约 100 个定位终端。终端基于定位频率 1Hz 和 400~600mA 电池，工作时长需达到 1~4 周。

- **仓储物流**

在仓储物流作业场景中，位置信息主要用来提升仓储秩序与物资流转效率，对定位精度具有较高要求，定位标签要求体积小、功耗小。工作人员定位采用卡片式或腕带的方式，AGV 和叉车则通过内置的模块进行定位。定位腕带的频次通常为 1Hz，工作时间需要支持 1~4 周。AGV 和部分叉车可提供车载供电，部分为无源设备。电池供电场景下定位终端在定位频率 1~5Hz 的情况下工作时间需要支持 1 个月以上。

- **石油化工、能源电力**

在石油化工、能源电力行业的作业场景中，位置信息主要用来保证人员的安全及巡检管理，对定位精度要求较高，定位终端要求便携式。园区定位场景中，终端形态通常为工卡、门卡、安全帽、手持巡检终端等。工卡定位频率约 1~3Hz，定位频率建议支持可配置。定位工卡的工作时间需要支持 12 个月以上，1~3 个月为最低要求。门卡、安全帽、手持巡检终端为进入生产装置内使用，不会携带出园区，工作时间建议支持至少 1 个月。

- **交通枢纽**

交通枢纽主要用于个人的导航、出行指引，同时使用人流热力图分析客流量，总体对定位精度要求不高，3~5 米定位精度可以满足需求，同时主要面向个人提供服务，定位终端要求普遍适用性。

- **医疗养老**

室内定位技术在医院中主要用来进行人员管理及救生医疗器械快速定位，定位精度要求米级，较适合采用定位标签的外部使能方式，为人员佩戴定位标签、为医疗器械装配定位标签，对定位终端要求功耗低、便于携带。

- **公检法司**

室内定位技术在公检法司系统主要发挥人员监管的作用，解决警力紧张、工作压力大且无法全局监控的难点。要求定位终端便携、功耗低。精准定位模式下定位精度误差为不大于 0.5m。终端形态通常为在押人员的定位腕带、警察使用的胸卡、智能终端，以及针对重要物品采用的微型标签。定位腕带定位频率为 1~5Hz，一次充电应需支持工作时长不少于 12 个月。警察胸卡定位频率为 1~5Hz，工作时间要求至少 1~3 个月。重要物品的微型标签至少工作时间不少于 12 个月。

- **博物展览**

室内定位技术在博物展览等大型活动场所主要用于安防智能化和提升参观者体验，在该场景中定位终端类型分两种：安保人员、贵重展品等佩戴定位标签；而对于参观者则使用自带终端智能设备。定位精度要求亚米级别，考虑到需要利用参观者个人终端进行导航导览服务，定位终端要求通用、成本低。

- **矿井隧道、地下管廊**

在矿井、隧道、地下管廊等场景下，主要是基于人的定位，精度要求基本 1~3 米，终端要求通用性、功耗低等，便于携带。通常采用带可充电电池的定位卡，定位卡可选择采用与矿灯一体化的方式。胶轮车、电机车以及各类设备采用带可充电电池的可固定的小盒子方式。考虑定位卡管理的便利性，按定位频率 1Hz，每次充电后定位卡的工作时长应不低于 6 个月。终端模组价格期望在十几元~几十元之间。

- **小结**

各种行业应用场景中，主要分为对人的定位和对物的定位。在 ToB 场景下，比如智能制造、仓储物理、电力能源、公检法司等场景，主要是面向物的定位，提供 AGV 导航、资产追踪管理、电子围栏等服务，定位终端通常考虑为专用标签，这些场景下的业务需要为了特定客户和场景部署不同定制应用，定位业务主动权在网络侧，同时定位终端考虑低成本、低功耗。ToC 场景下，比如博物展览、智慧商超、交通枢纽等，主要面向人的定位，提供室内导航、导览业务等服务，

同时这些场景下的业务需要普适业务，定位业务考虑定位主动权在用户侧，尊重和保护个人隐私。总结各个行业应用场景下的定位需求如下：

表 1-1：各应用场景的定位需求

行业领域	应用场景	定位精度	成本接受度	终端形态	功耗要求	定位模式
智慧商超	商品推送	米级	低	手机	无附加要求	主动模式
	定位导航	米级		手机	无附加要求	主动模式
	反向寻车	米级		手机	无附加要求	主动模式
	客流分析	3~5 米		手机	无附加要求	被动模式
智能制造	人员管理	3~5 米	高	手机	无附加要求	被动模式
	物料管理	<1 米		定制	低	被动模式
	工具管理	<1 米		定制	低	被动模式
仓储物流	人员考勤	1~3 米	中	定制	无附加要求	被动模式
	物品管理	<1 米		定制	低	被动模式
	车辆调度	1~3 米		定制	无附加要求	被动模式
	自动 AGV	<1 米		定制	无附加要求	被动模式
电力能源	人员考勤	1~3 米	中低	定制	无附加要求	被动模式
	电子围栏	<1 米		定制	无附加要求	被动模式
	工具监控	<1 米		定制	低	被动模式
	车辆管理	1~3 米		定制	低	被动模式
交通枢纽	站内导航	1~3 米	低	手机	无附加要求	主动模式
	出行指引	3~5 米		手机	无附加要求	主动模式
	热力分析	3~5 米		手机	无附加要求	主动模式
医疗养老	医护人员	3~5 米	中	定制	无附加要求	被动模式
	医疗设备	1~3 米		定制	低	被动模式
	病人定位	1~3 米		定制	低	被动模式
	新生儿	1~3 米		定制	低	被动模式
公检法司	人员定位	1~3 米	中	定制	低	被动模式
	车辆管理	1~3 米		定制	无附加要求	被动模式
博物展览	安保管理	3~5 米	中	定制	低	被动模式
	展品定位	<1 米		定制	低	被动模式
	展馆导览	3~5 米		手机	无附加要求	主动模式



矿 井 隧 道、地下 管廊	考勤管理	1~3 米	中	定制	无附加要求	被动模式
	电子围栏	<1 米		定制	无附加要求	被动模式
	紧急求助	1~3 米		定制	低	被动模式

### 1.2.2. 定位芯片的功能和性能要求

根据 3GPP Rel-16 定义，5G 定位能力必须满足的最低要求为，对于 80% 的终端，水平定位精度优于 50 米，垂直定位精度优于 5 米，端到端时延低于 30 秒。对于要求严苛的商业用例，5G 定位能力至少需满足，（1）对于 80% 的终端，水平定位精度优于 3 米（室内）和 10 米（室外）。（2）对于 80% 的终端，垂直定位精度优于 3 米（室内和室外）。（3）端到端时延小于 1 秒。

3GPP Rel-17 标准在第 96 次全会上宣布冻结，其中定义了增强的精准定位特性，即 Rel-17 在 Rel-16 基础上进一步提升 5G 定位的精度，满足商业用例（1 米之内）和工业物联网（100 毫秒内小于 0.2 米）等更为严苛的用例需求。

考虑为满足大部分定位应用场景的定位精度、续航、形态尺寸、成本等需求，定位芯片的功能和性能指标应符合如下要求。

表 1-2: 指标与规格参数

项目	指标与规格参数
定位精度	定位精度亚米@90%（室内场景），可满足大部分商业用例中对于人/物的定位需求
续航	多数终端需要电池供电或可充电，续航时间不少于 1 年可满足绝大部分常规应用
形态尺寸	标签、穿戴设备为主要形态，芯片尺寸.....
成本	定位模组成本期望不高于 xx 元

在不同的场景定位应用对定位要求不同，需要根据业务场景的实际需求、应用范围、定位精度、成本要求、终端功耗等具体分析，使用对应适用的定位技术，并且制定可以使得定位功能和性能达到要求的芯片设计方法，以满足各应用场景的需求。

### 1.3. 各定位技术芯片的现状分析

定位应用产业发展出并现存有不同的定位技术以及相对应的终端芯片，应用于各个场景，有着差异化的功能和性能指标。定位芯片作为定位生态链中终端产品的关键部件，极大地影响导航定位终端产品的核心竞争力，定位芯片的技术方向一定程度上代表着定位终端产品的发展方向。各类定位芯片在不同场景和环境参数下的性能各有优劣，所能提供的定位方式、定位能力、定位范围、接续性和精度也各不相同。对不同定位技术芯片当前的发展状况以及可实现的规格指标加以对比分析如下。

#### 1.3.1. GNSS

GNSS (Global Navigation Satellite System) 即全球导航卫星系统，它泛指所有的卫星导航系统，是能在地球表面或近地空间的任何地点，为用户提供全天候的三维坐标、速度以及时间信息的空基无线电导航定位系统。常见的 GNSS 定位系统包括 GPS\BDS\GLONASS\GALILEO 等。

##### (1) GPS

全球定位系统(Global Positioning System, 简称 GPS), 是由美国研制的卫星导航与定位系统。民用 GPS 的定位精度是 10~30m, 位置差分、伪距差分的定位精度可以达到米级, RTK 载波相位差分的定位精度可以达到厘米级。

##### (2) BDS

北斗卫星导航系统(BeiDou Navigation Satellite System, 简称 BDS), 是我国自行研制的全球卫星导航系统。BDS 系统的定位精度为分米、厘米级别, 测速精度 0.2 米/秒, 授时精度 10 纳秒。

##### (3) GLONASS

格洛纳斯卫星导航系统(GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM, 简称 GLONASS), 是俄罗斯研制的全球定位导航系统, 属于军民合用系统, 可提供高精度的三维空间和速度信息, 也提供授时服务, 精度在十米左右。

##### (4) GALILEO

伽利略 (GALILEO) 卫星导航定位系统, 是由欧盟主导研制的卫星导航系统, 公开服务定位精度为 15—20 米和 5—10 米两种档次, 公开特许服务有局域增强

时能达到 1 米，商用服务有局域增强时为 10 厘米。

GNSS 具有数据采集快、全天候工作、单人工作的优点，无需考虑目视条件，可以远距离大范围测量。目前已成为适用范围最广的定位方式。考虑 GNSS 存在天顶方向覆盖影响大，无法在室内、隧道内工作等缺点，目前 GNSS 主要应用在大多数室外定位、遥测和实时导航场景中。

GNSS 的定位精度与定位算法、基准站接收机的位置和数量、RTK 改正数据和 GNSS 接收机测量数据的发送频率等都有关系。为提升定位精度和可靠性，现有的卫星导航定位芯片一般支持多种制式定位系统。目前，GNSS 芯片供应商主要有 Broadcom、U-Blox、Sony、MTK、紫光展锐、和芯星通、国科微、华大北斗等。各供应商主流芯片制程与定位精度如下：

表 1-3：主流 GNSS 芯片及定位精度

品牌	Broadcom	Ublox	MTK	Sony	紫光展锐	华大北斗	和芯星通	国科微
型号	BCM47755	F9	MT3335	CXD5610	UMW2395	HD8040	UC9810	GK9701
制程	28nm	28nm	12nm	22nm	22nm	40nm	22nm	22nm
定位精度	1m	1m	1m	1m	1m	1m	1m	1m

### 1.3.2. Wi-Fi

Wi-Fi 定位包括 RSSI 测距，RTT 测距及指纹匹配三种常用的定位方法。基于测距的定位方法利用无线信号在空间传输过程中的能量衰减特性计算出到多个已知位置的 AP 节点距离，进而通过相应的定位方法推算目标节点的位置信息。基于指纹的定位方法根据不同位置上无线信号的空间差异性，将空间中某一个无线信号特征作为指纹映射到特定空间位置，通过建立指纹数据库、匹配信号指纹方式估算目标节点的位置信息。随着 IEEE 802.11-2016 协议的精确时间测量(FTM)定位解决方案的引入，通过 RTT 往返时间来进行测距并进行定位的技术路线正在得到重视。目前提出的基于 FTM 的测距方案测距精度在视线环境下通常具有 1~2m 的偏移误差，由于在 802.11mc 中，噪音不具备高斯性，精度的进一步提升存在着较大困难，进而导致定位精度达不到米级。为满足室内亚米级的定位需求，IEEE802.11 的下一代定位技术标准 802.11az，将支持 2.4GHz、5GHz 和 60GHz

的传输频段，提出了 90%的情况下需达到 1cm 的精度需求。Wi-Fi 定位芯片未来将向支持多频段、大带宽、高频率的方向演进。由于定位市场的应用存在较大的差异化，Wi-Fi 芯片定制化趋势会越来越明显，对于芯片在定位能力的要求越来越高。

### 1.3.3. 蓝牙

低功耗蓝牙技术 BLE 4.0 的出现解决了无线连接设备功耗高的难题，低功耗技术使得蓝牙市场迎来规模性发展，各蓝牙芯片厂商相继推出了各自的低功耗蓝牙芯片，可支持基于 RSSI 的室内定位，定位精度可达 2~3 米。蓝牙 5.1 标准引入了 AoA 和 AoD 的角度定位算法，通过蓝牙设备感知发射节点信号的到达/发送方向，计算接收节点和发射节点之间的相对方位或角度，可将位置精度提升至厘米级。目前国内外主流蓝牙芯片厂商已相继发布了可支持蓝牙 5.1 标准的芯片产品，部分厂家甚至已推出蓝牙 5.2 标准的芯片。2019 年蓝牙联盟开始探讨新的定位技术 HADM(High Accuracy Distance Measurement)，提高现有室内定位方案的定位精度和可靠性，未来蓝牙芯片可能需要支持 HADM 定位能力。

### 1.3.4. UWB

UWB(Ultra Wideband)是一种无载波通信技术，利用纳秒至微秒级的非正弦波窄脉冲传输数据。通过在较宽的频谱上传送极低功率的信号。由于它具有隐蔽性好、传输速率高、系统容量大、功耗低、抗干扰能力强等诸多优势，逐渐应用于通信和定位领域。

在定位应用领域，UWB 具备的特点有：（1）精度高，定位精度可达厘米级；（2）容量大，相较于其他的无线定位技术，有更大的容量；（3）时延低，功耗低。目前，定位模式主要分为三种：TOF（到达时间）、TDOA（到达时间差）、AOA（到达角度或称为 DOA 估计）定位技术和这三种技术的混合技术。

2019 年三星与 NXP 和 HID Global 等联手启动了 FiRa 联盟以促进 UWB 技术在访问控制、位置服务、设备到设备服务等方面的应用。如今，UWB 行业标准逐渐完善，行业标准方面，UWB 适用 IEEE 802.15.4 协议。2020 年 6 月，IEEE 更新了 UWB 的相关标准（802.15.4z），增强 UWB 安全功能（在 PHY/RF 级别），从而进一步为 UWB 进一步进入主流应用铺平了道路。此外，随着苹果加入 FiRa

联盟，UWB 生态体系逐步建立。

UWB 定位产业的上游主要是芯片供应商，大体上来说 UWB 芯片可分为 toB 市场的芯片与 toC 市场的芯片，因为市场的差异性，对于芯片的要求也有较大差异。ToB 市场的芯片要求是稳定性能好，精度高，传输距离远，相较而言，B 端对于芯片的尺寸、价格等方面敏感度会低一些。而 toC 市场的 UWB 芯片对于芯片的尺寸，价格，功耗等因素要求非常高。这两个市场的差异性，就导致了很多人芯片厂家会针对不同的场景开发不同的芯片型号。

UWB 芯片的设计主要是由其自身的技术特点所决定，UWB 的带宽相比 WiFi 和蓝牙较宽一些，脉冲波形非常窄，对应频域的带宽高达 500MHz 至 1GHz，所以芯片内部射频及模拟模块需要支持更高的带宽；同时信号处理部分不能引入过多的非固定延迟，这是因为 UWB 芯片是利用电磁波的飞行时间来做测距，时间戳要解算得非常准确。这些都给芯片设计厂商造成了比较大的挑战。

### 1.3.5. 5G

5G 定位是 5G 移动通信网络通过测量无线信号来确定用户终端地理位置信息的技术。从 5G 定位原理的角度来看，定位技术大致可以分为三种类型：基于三角关系和运算的定位技术、基于场景分析的定位技术和基于临近关系的定位技术。、时代大量的应用需要精准定位，比如工业 AGV、资产追踪等，尤其是室内精准定位，为此 3GPP R16 协议版本于 2020 年中冻结并将定位能力引入到 5G 网络标准。除了传统的 E-CID、OTDOA 和 UTDOA 等定位技术，5G 定位结合 5G 宽频谱和多波束的特性，进一步定义和支持了基于蜂窝小区的信号往返时间（multi-RTT）、到达角测量法（UL-AoA）和离开角测量法（DL-AoD）等多种定位技术。

- **基于三角关系的定位技术**

这种定位技术根据测量得出的数据，利用几何三角或双曲线关系计算被测物体的位置，它是最主要的、也是应用最为广泛的一种定位技术。

- **基于场景分析的定位技术**

这种定位技术对定位的特定环境进行抽象和形式化，用一些具体的、量化的参数描述定位环境中的各个位置，并用一个数据库把这些信息集成在一起。业界习惯上将上述形式化和量化后的位置特征信息形象地称为信号“指纹”。观察者

根据待定位物体所在位置的“指纹”特征查询数据库，并根据特定的匹配规则确定物体的位置。

- **基于临近关系的定位技术**

基于临近关系进行定位的技术原理是：根据待定位物体与一个或多个已知位置参考点的临近关系来定位。这种定位技术通常需要标识系统的辅助，以唯一的标识来确定已知的各个位置。这种定位技术最常见的例子是移动蜂窝通信网络中的 Cell ID。假设待定位物体分别位于三个 Cell 中。由于各个 Cell 中参考点的位置已知，所以根据待定位物体所在 Cell 可以粗略确定其位置（即 Cell 中参考点的位置）。

5G 时代大量的应用需要精准定位，比如工业 AGV、资产追踪等，尤其是室内精准定位，为此 3GPP R16 协议版本于 2020 年中冻结并将定位能力引入到 5G 网络标准。除了传统的 E-CID、OTDOA 和 UTDOA 等定位技术，5G 定位结合 5G 宽频谱和多波束的特性，进一步定义和支持了基于蜂窝小区的信号往返时间（multi-RTT）、到达角测量法（UL-AoA）和离开角测量法（DL-AoD）等多种定位技术。

5G 定位具备的一些技术优势包括，

- （1） **高载波频率**

5G 采用高频或者毫米波通信，高频波具有严重的穿透损失性质，所以不会有多路径衰减的干扰；高频电磁波几乎只能以直线路径（Line of Sight, LOS）的方式传递，电磁波绕射、散射及反射的干扰问题不大，而直线是最容易计算距离的路径类型。

- （2） **高带宽**

5G 频谱尤其是毫米波（mmWave）具有移动通讯中前所未有的大带宽，当传输带宽越大，信号的取样间隔越短，毫米波系统便具备较高的原始分辨率，可测量的最小距离越小，代表精确度越高。

- （3） **天线数量极多**

5G 支持多输入多输出（Multi-input Multi-output, MIMO）技术，在基站设置大规模的多天线数组，利用多根发射天线与多根接收天线的组合提升频谱的效率，提供更多的空间自由度（High degree of resolvability of angles）。更多的讯号角度信息增加，定位的分辨率就能跟着提升，判别更精准的地理位置。

#### (4) 网络密度高

由于 5G 覆盖范围小且容易遭到建筑物遮蔽，如果要达到都市内普及，运营商须大规模部署小型 5G 基站。高密度基站代表有许多可供参考的资源节点，可以提供高密集度的位置信息达到更精准的定位。

随着 3GPP Rel-17 版本的冻结，5G 定位技术将逐渐走向成熟。针对一般商用场景，R17 定位精度目标从室内 3 米、室外 10 米提升到了亚米级，定位的时延要求小于 100ms。在工业物联网场景，R17 定位精度误差要求小于 20cm，定位的时延要求小于 10ms。R17 通过优化差分定位降低终端和基站收发时延的影响，支持多路径信号测量上报，辅助信息发送等提高到达角和离开角的测量精度，从而提高定位精度。R17 通过定义按需发送的定位导频信号，降低定位测量的请求回应时间、终端测量时间及测量 Gap 激活时间等降低时延。通过支持 RRC 非激活状态终端的定位测量、信令和流程等降低功耗，并支持 GNSS 定位的完好性判决增强，以及 A-GNSS 定位增强，实现更优的 GNSS（全球导航卫星系统）辅助定位性能。

目前 5G 定位产业仍然处于起步阶段，在定位精度、终端产品形态、定位终端功耗及成本等方面还有待进一步优化提升，5G 定位垂直行业应用解决方案也有待进一步完善和丰富。5G 定位芯片作为产业链上游的重要环节，需要厂商通过联合上下游合作伙伴，在精度、功耗、成本等方面实现突破，推出 5G 定位产品和解决方案。

#### 1.3.6. 小结

不同定位技术的关键指标总结如下，

表 1-4：主流定位技术指标

定位技术	GNSS	BT 4.2	BT 5.1	WiFi	UWB	INS	5G
主要适用场景	室外	室内	室内	室内	室内	室内	室内+室外
定位精度	分米级	米级	分米级	米级	分米级	十米级 (时间累计)	分米级
定位时延	百毫秒级	百毫秒级	百毫秒级	百毫秒级	百毫秒级	毫秒级	十毫秒级
并发容量	不受限	百级	百级	百级	百级	-	百级
同步性能	-	-	-	-	纳秒级	-	纳秒级

基站距离 (半径)	-	7m	一般 <20m	20m	20m	-	20m
基站功耗	-	瓦级	瓦级	十瓦级	瓦级	-	十瓦级
终端芯片 功耗	数十毫 瓦级	毫瓦级	毫瓦级	百毫瓦 级	百毫瓦 级	百毫瓦级	百毫瓦 级(工作 模式)
基站成本	-	百元级	百元级	百元级	千元级	-	千元级
终端芯片 成本	元级	元级	元级	元级	十元级	百元级	百元级

各类芯片的定位方式和定位性能有所差异，定位芯片的应用场景也各不相同。包括 5G 定位芯片在内，无论是哪类定位芯片，从芯片的共性角度来看，高精度、低成本、低功耗，是未来定位芯片发展的方向。5G 定位芯片也应该着重朝着这些方向去做规格的研究和设计工作。

## 1.4. 5G 定位芯片的设计方向

### 1.4.1. 定位技术选择

3GPP Rel-16 定义了多种基于无线接入网的定位技术，包括下行到达时间差定位 (DL-TDOA)、下行离开角度定位 (DL-AoD)、上行到达时间差定位 (UL-TDOA)、上行到达角度定位 (UL-AoA)、多小区往返时间定位 (Multi-RTT)、增强小区标识定位 (E-CID) 等。

#### 1.4.1.1. DL-TDOA

DL-TDOA 定位方法，终端测量两个站点下行参考信号到终端的时间差并上报给网络。定位服务器根据多个参考信号时间差 RSTD (Reference Signal Time Difference)，已知时间差和基站位置，从而获得终端位置估计。

终端测量两个 TRP (其中一个为参考 TRP) 发射的下行定位参考信号 (DL PRS) 的到达时间之差 (RSTD)，由每个测量值 (DL PRS RSTD) 转换为距离，从而构成一条双曲线，双曲线的焦点为这两个 TRP 所在的位置，双曲线上的任意点到两个 TRP 的距离之差为 RSTD 测量值，UE 即位于双曲线之上的某个点。UE 由 3 个 TRP 得到 2 个 DL PRS RSTD 测量值，构成 2 条双曲线，UE 位置可由解算这 2 个双曲线的交点得到。



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/596203000234010153>