

# 定位技术比较

V1.0  
20140510

## 目录

定位技术比较.....	1
1 定位范围.....	4
1.1 广域.....	4
1.1.1 GNSS.....	5
1.1.2 基于 WWAN 定位.....	6
1.2 局域.....	7
1.2.1 无线定位性能指标.....	7
1.2.2 区域定位.....	9
1.2.3 精确定位.....	10
2 无线精确定位技术.....	10
2.1 基于信号强度.....	10
2.1.1 WiFi.....	11
2.1.2 BLE.....	12
2.1.3 Zigbee.....	12
2.1.4 RFID (UHF).....	12
2.1.5 RFID (2.4G).....	13
2.2 基于地磁.....	13
2.3 基于时间.....	14
2.3.1 超宽频 UWB.....	14
2.3.2 CSS.....	15

---

2.4	基于到达角.....	15
2.5	技术融合 .....	16
3	UWB 技术.....	17
3.1	基本知识 .....	17
3.2	UWB 特点 .....	17
3.2.1	UWB 的分类 .....	19
3.2.2	UWB 应用场景 .....	21
3.3	RF 相关.....	22
3.3.1	工作频率 .....	22
3.3.2	输出功率及安规.....	23

## 1 定位范围

提到定位技术，人们首先想到的是 GPS，因为 GPS 已经深入到我们每个人的日常生活，比如开车出门旅游、到一个陌生的地点拜访客户。其实 GPS 室外的定位技术，也是 GNSS 的一种，在 GNSS 中，还有欧洲的伽利略、我国的北斗、俄罗斯的 Glonass 等。在室外除了可以采用 GNSS 系统之外，还可以用采用基站的定位方式，比如打开手机的时候，先看到的时候比较大的范围圈，这就是通过 WWAN(2G/3G/4G) 来定位，定位多半时候能达到 50 米左右。

除了室外定位之外，还有很多室内定位技术。比如有基于 WiFi、BLE、Zigbee、UWB、CSS、UHF 等技术。根据应用场景的不同，可以采用不同的技术，满足客户的需求。

### 1.1 广域

广域的定位技术主要是 GNSS 和 WWAN 两种。

比较项 \ 技术	GNSS	WWAN
定位精度	高， 10 米	低 >50 米
通用性	全球可用	有基站地方可用
场景	室外可用	室内室外均可用
演进	地面站或差分网络 厘米级精度	无

### 1.1.1 GNSS

GNSS 的全称是全球导航卫星系统 (Global Navigation Satellite System), 它是泛指所有的卫星导航系统, 包括全球的、区域的和增强的, 如美国的 GPS、俄罗斯的 Glonass、欧洲的 Galileo、中国的北斗卫星导航系统, 以及相关的增强系统, 如美国的 WAAS (广域增强系统)、欧洲的 EGNOS (欧洲静地导航重叠系统) 和日本的 MSAS (多功能运输卫星增强系统) 等, 还涵盖在建和以后要建设的其他卫星导航系统。国际 GNSS 系统是个多系统、多层面、多模式的复杂组合系统, 如下图所示



中国北斗卫星导航系统 (BeiDou Navigation Satellite System-"BDS") 是我国自行研制的全球卫星定位与通信系统。是继美国全球卫星定位系统 (Global Positioning System-"GPS") 和俄罗斯全球卫星导航系统 (GLONASS) 之后第三个成熟的卫星导航系统。系统由空间端、地面端和用户端组成, 可在全球范围内全天候、全天时为各类用户提供高精度、高可靠定位、导航、授时服务, 并具短报文通信能力, 已经初步具备区域导航、定位和授时能力, 定位精度优于 20m,

授时精度优于 100ns。

2012 年 12 月 27 日，北斗系统空间信号接口控制文件正式版 1.0 正式公布，北斗导航业务正式对亚太地区提供无源定位、导航、授时服务。

2013 年 12 月 27 日，北斗卫星导航系统正式提供区域服务一周年，正式发布了《北斗系统公开服务性能规范（1.0 版）》和《北斗系统空间信号接口控制文件（2.0 版）》两个系统文件。目前，北斗导航系统已经逐步在国内和东南亚推广。

### 1.1.2 基于 WWAN 定位

基站定位一般应用于手机用户，手机基站定位服务又叫做移动位置服务（LBS——Location Based Service），它是通过电信移动运营商的网络（如 GSM 网）获取移动终端用户的位置信息（经纬度坐标），在电子地图平台的支持下，为用户提供相应服务。手机定位应该根据用户服务需求的不同提供不同的精度服务，并可以提供给用户选择精度的权利。例如美国 FCC 推出的定位精度在 50 米以内的概率为 67%，定位精度在 150 米以内的概率为 95%。定位精度一方面与采用的定位技术有关，另外还要取决于提供业务的外部环境，包括无线电传播环境、基站的密度和地理位置、以及定位所用设备等。

基站定位方法比较多，目前采用简单的 COO 和信号强度的方式为主流，其他比如 AoA、ToA、TDOA，实施的复杂度相对比较高，若采用 TDOA 方式对手机所有手机定位，服务器一定已经疯了。下面简单介绍一下 COO 和信号强度两种模式。

#### COO (Cell of Origin) 定位

COO 定位是一种单基站定位，即根据设备当前连接的蜂窝基站的位置来确

定设备的位置。那么很显然，定位的精度就取决于蜂窝小区的半径。在基站密集的城市中心地区，通常会采用多层小区，小区划分的很小，这时定位精度可以达到 50M 以内；而在其他地区，可能基站分布相对分散，小区半径较大，可能达到几千米，也就意味着定位精度只能粗略到几千米。目前 Google 地图移动版中，通过蜂窝基站确定“我的位置”，基本上用的就是这种方法。

从原理上我们可以看出，COO 定位其精度是不太确定的。但是这却是 GSM 网络中的移动设备最快捷、最方便的定位方法，因为 GSM 网络端以及设备端都不需要任何的额外硬件投入。只要运营商支持，GSM 网络中的设备都可以以编程方式获取到当前基站的一个唯一代码，我们可以称之为基站 ID，或 CellID。

### **基于场强的定位**

该方法是通过测出接收到的信号场强和已知的信道衰落模型及发射信号的场强值估计收发信短的距离，根据多个三个距离值就可以得到设备的位置。从数学模型上看，和 TOA 算法类似，只是获取距离的方式不同。场强算法虽然简单，但是由于多径效应的影响，定位精度较差

## **1.2 局域**

相对于室外的技术，其他室内定位技术（Indoors Positioning System）相对来说，要简单得多，由于现在没有任何一种技术可以解决用户的所有问题，现在室内定位技术可谓是百花争鸣。下面先介绍室内定位的性能指标，然后再介绍各种技术。

### **1.2.1 无线定位性能指标**

无线网络定位性能的评价指标主要分为 7 种，下面分别进行介绍。

- ◆ **定位精度。**定位技术首要的评价指标就是定位精确度， 其又分为绝对精度和相对精度。绝对精度是测量的坐标与真实坐标的偏差， 一般用长度计量单位表示。相对误差一般用误差值与节点无线射程的比例表示， 定位误差越小定位精确度越高。
- ◆ **规模。**不同的定位系统或算法也许可以在一栋楼房、一层建筑物或仅仅是一个房间内实现定位。另外， 给定一定数量的基础设施或一段时间， 一种技术可以定位多少目标也是一个重要的评价指标。
- ◆ **锚节点密度。**锚节点定位通常依赖人工部署。人工部署锚节点的方式不仅受网络部署环境的限制， 还严重制约了网络和应用的可扩展性。定位精度随锚节点密度的增加而提高的范围有限， 当到达一定程度后不会再提高。因此， 锚节点密度也是评价定位系统和算法性能的重要指标之一。
- ◆ **节点密度。**节点密度通常以网络的平均连通度来表示， 许多定位算法的精度受节点密度的影响。在无线传感器网络中， 节点密度增大不仅意味着网络部署费用的增加， 而且会因为节点间的通信冲突问题带来有限带宽的阻塞。
- ◆ **容错性和自适应性。**定位系统和算法都需要比较理想的无线通信环境和可靠的网络节点设备。而真实环境往往比较复杂， 且会出现节点失效或节点硬件受精度限制而造成距离或角度测量误差过大等问题， 此时， 物理地维护或替换节点或使用其他高精度的测量手段常常是困难或不可行的。因此， 定位系统和算法必须有很强的容错性和自适应性， 能够通过自动调整或重构纠正错误， 对无线传感器网络进行故障管理， 减小各种误差的影响。

- ◆ **功耗。**功耗是对无线传感器网络的设计和实现影响最大的因素之一。由于传感器节点的电池能量有限，因此在保证定位精确度的前提下，与功耗密切相关的定位所需的计算量、通信开销、存储开销、时间复杂性是一组关键性指标。
- ◆ **代价。**定位系统或算法的代价可从不同的方面来评价。时间代价包括一个系统的安装时间、配置时间、定位所需时间；空间代价包括一个定位系统或算法所需的基础设施和网络节点的数量、硬件尺寸等；资金代价则包括实现一种定位系统或算法的基础设施、节点设备的总费用。

上述 7 个性能指标不仅是评价无线定位系统和算法的标准，也是其设计和实现的优化目标。

### 1.2.2 区域定位

区域定位，主要是指被定位的人或物在某一个固定局域，但在这个区域中的具体位置，并不清楚。系统只能告知某人进入或离开了某个区域，最为典型的应用是在学校和某些矿区。区域定位常见主要是有下面几种方法。

#### 1、 周期开启

在这种模式下，被定位的人或物所携带的有源标签，标签总是处于周期开启和休眠模式，按一定的周期发送报文，然后进入休眠状态。然后在这个区域的关键位置，布放接收设备，根据收到标签的信息，判断是进入还是离开这个区域。这种模式下，标签待机时间比较受限，工作的频率越高，工作的时间越短，通常工作时间为一年以内。

#### 2、 感应线圈

针对周期开启的模式,有可能 99% 的开启模式都是无效的,只有 1% 甚至更低的比例的报文是有用的。可以通过在布放接收设备的位置,布放感应线圈,当被定为的人通过感应线圈的时候,标签才启动工作,发送报文。这样,电池一般能待机 5 年以上。但带来了施工的不便。

### 3、自感应

自感应相对于感应线圈的方式更优,在工程上更为简单,不用挖坑地面布设线圈,只需要在标签中,增加感应线圈,在感应到之后才开始工作。但标签的成本会增加。

设备类型	周期模式	感应线圈	自感应
优势	施工简单 成本低	待机时间长	待机时间长
不足	待机时间短	施工复杂	成本增加

### 1.2.3 精确定位

相对于区域定位而言,精确定位能在整个区域中,随时知道被定位设备或人的精确位置。无线精确定位技术有很多种,实现的方式有差异,一般定位精度可以达到 10 米,最高精度可以达到 10 厘米。

## 2 无线精确定位技术

### 2.1 基于信号强度

目前的主流定位技术,主要是采用信号强度的方式,或再组合上其他的技术。因为射频收到多径传输的影响,当被定位的设备位置变动时,即使是一个轻微的

移动，也可能导致信号强度发生 10dBm 的变化，必须结合上其他的定位技术，才能取得比较好的精度。



由于位置不同，一般而言，距离越远，锚点收到标签的信号强度就越弱，可以通过信号强度值，来估算 Wi-Fi 锚点和标签之间的距离。

### 2.1.1 WiFi

Wi-Fi 为 WLAN 的标准化组织，其设备均遵循 802.11 协议，从 1999 年发展以及有好几代，从 802.11，802.11B，802.11A/G，802.11N，802.11AC，其传输速率也越来越高，从最早的 2Mbps 到现在的 Gbps，Wi-Fi 逐渐被广大用户所接受。现在所有的智能手机都集成了 WiFi 的射频，所以，推广基于 WiFi 的 LBS，已经逐步给各大厂商看中。

博通公司 (Broadcom) 近日发布了一种新的芯片 (BCM4752)，可以构成室内三维定位系统，预计将很快推广并集成到新的智能手机中。高通也推出了 iZat 技术，应用于室内精确定位，号称大部分情况下可精确至 5 米以内。Google 的室内定位系统通过 WiFi 进行定位，通过对信号强度的感知，判断用户与已知 WiFi 热点及室内的相对位置。

采用 WiFi 定位的最大好处在于终端多。现在基本所有的智能手机、平板电脑等设备都嵌入了 WiFi 的功能。

### 2.1.2 BLE

iBeacons 是基于 Bluetooth LE 技术，全称为 Bluetooth Low Energy，又可简称为 BLE。BLE 主要是在新的智能手机中采用。低功耗蓝牙由诺基亚在 2001 年开始研发，其目的是为了发展一套相容于标准蓝牙，并且在功耗与制造价格上能进一步优化的标准。2004 年 Nokia 发布了低功耗蓝牙标准，2006 年以 Wibree 技术的品牌名称首度问世，2007 年与蓝牙技术联盟蓝牙技术联盟达成协议，并入标准蓝牙并正式定名为低功耗蓝牙。它的工作范围最远至 45 米。

苹果在推广该技术，有两个方面的应用，一个是在商场做定位服务，另外一个是在支付服务。

### 2.1.3 Zigbee

ZigBee 是基于 IEEE802.15.4 标准的低功耗局域网协议。根据这个协议规定的技术是一种短距离、低功耗的无线通信技术。其特点是近距离、低复杂度、自组织、低功耗、高数据速率。主要适合于自动控制与远程控制领域，可以嵌入各种设备。

采用 Zigbee 定位，最大的优势是其功耗低，另外，Zigbee 支持自组网，其传输通道更为简单。在国内，用 Zigbee 的方式，广泛应用于煤矿定位、监狱人员定位等。

### 2.1.4 RFID (UHF)

就是常说的工作在 900MHz 的 RFID 技术，主要是有无源标签和阅读器组成。其最大的好处是在标签端是无源的，这就决定了其工作距离非常有限，一般只能到 10 米，采用 UHF 技术，实现的定位，只能解决是否进入某个区域的简

单判断,然后再根据标签反馈回的信号强度,可以知道标签和阅读器之间的距离。

### 2.1.5 RFID (2.4G)

采用其他的 2.4G 的定位技术公司有很多,这里主要提一下瑞典的 Qubulus,电子标签对每个设备进行定位追踪,这些标签使用有源 RFID 技术,工作频率在 2.4GHZ。

其应用架构和 WiFi 等非常类似,在需要监控定位的区域,一般要安放一定数量的信号接收和传输设备。电子标签所发射的信号将会被这些设备接收并立即传输到中央电脑的定位软件中进行计算,由此得出每个被定位对象的具体位置。检测这些标签的接收器则连入现有局域网,并向位置软件传递定位数据。这样物理位置就以图形方式显示在 Web 用户界面上。

Qubulus 刚刚推出了一个 API 服务,可以让第三方开发者在自己的手机应用中添加室内定位功能,精度可到达货架级,也就是说你可以对商店里的产品进行定位。Qubulus 的 QPS 系统的精度达到了 2-3 米,并且很快将推出新的算法,将精度提到 1 米以内,非常适合店内导航。

在使用这个 LocLizard API 之前,开发者需要将其和 Qubulus 的 Gecko 服务建立映射。这需要来自来自无线电信号的信号对建筑物进行映射处理,然后让手机应用通过这些数据确定用户位置。

## 2.2 基于地磁

地球可视为一个磁偶极 (magnetic dipole), 其中一极位在地理北极附近,另一极位在地理南极附近。地磁场包括基本磁场和变化磁场两个部分。基本磁场是地磁场的主要部分,起源于地球内部,比较稳定,属于静磁场部分。变化磁场包

括地磁场的各种短期变化，主要起源于地球内部，相对比较微弱。

现代建筑的钢筋混凝土结构会在局部范围内对地磁产生扰乱，指南针可能也会因此受到影响。原则上来说，非均匀的磁场环境会因其路径不同产生不同的磁场观测结果。而这种被称为 IndoorAtlas 的定位技术，正是利用地磁在室内的这种变化进行室内导航，并且导航精度已经可以达到 0.1 米到 2 米。

不过使用这种技术进行导航的过程还是稍显麻烦。你需要先将室内楼层平面图上传到 IndoorAtlas 提供的地图云中，然后你需要使用其移动客户端实地记录目标地点不同方位的地磁场。记录的地磁数据都会被客户端上传至云端，这样其他人才能利用已记录过的地磁进行精确室内导航。

## 2.3 基于时间

和基于信号强度的最典型的区别在于 ToF/TDOA 是基于电磁波在空中飞行的时间，其测量方式和信号强度有比较大的区别。相对精度也比信号强度的方式高。



### 2.3.1 超宽频 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。。UWB 调制采用脉冲宽度在 ns 级的快速上升和下降脉冲，脉冲覆盖的频谱从直流至 GHz，不需常规窄带调制所需的 RF 频率变换，脉冲成型后可直接送至天线发射。脉冲峰峰时间间隔在 10 - 100 ps 级。频谱形状可通过甚

窄持续单脉冲形状和天线负载特征来调整。UWB 信号在时间轴上是稀疏分布的，其功率谱密度相当低，RF 可同时发射多个 UWB 信号。UWB 信号类似于基带信号，可采用 OOK，对映脉冲键控，脉冲振幅调制或脉位调制。UWB 不同于把基带信号变换为无线射频(RF) 的常规无线系统，可视为在 RF 上基带传播方案。

UWB 能准确分辨出多径，并且，其时钟精度非常高，达到纳秒级，在定位测距中，可以达到分米级的定位精度。

### 2.3.2 CSS

CSS 是英文 Chirp Spread Spectrum 的缩写，翻译为啁啾扩频。通信系统中使用的一种扩频技术。如果发射的射频脉冲信号在一个周期内，其载频的频率作线性变化，则称为线性调频。因为其频率在较宽的频带内变化，信号的频带也被展宽了。这种扩频调制方式主要用在雷达中，但在通信中也有应用。

在全球，提供 CSS 技术的厂商主要是德国的 Nanotron，其射频工作在 2.4G，信道最宽达到 80MHz，其定位精度约为 2 米。

## 2.4 基于到达角

到达角度测距(Angle-of-Arrival: AOA): 基于信号到达角度的定位算法是一种典型的基于测距的定位算法，通过某些硬件设备感知发射节点信号的到达方向，计算接收节点和锚节点之间的相对方位或角度，然后再利用三角测量法或其他方式计算出未知节点的位置。基于信号到达角度(AOA)的定位算法是一种常见的无线传感器网络节点自定位算法，算法通信开销低，定位精度较高。

对于采用达到角度的方式，能获得较好的定位精度，但也存在两个比较典型的问题：

1、 天线设计和施工，天线设计要能准确分辨其到达的角度，在施工中，如何安装也会直接影响定位的精度；

2、 标签和锚点之间的距离，距离越大，定位精度越低，在近距离的时候，定位精度可以达到 10 厘米，在远距离的时候，定位误差可能达到 1 米甚至更高。

## 2.5 技术融合

在实际的使用中，一般可以采用无线射频技术为基础，在融合其他技术，以提供更好的精度和可靠性。下面主要提到其他几种常见的融合技术。

### 传感技术

博通发布的新芯片通过 WiFi、蓝牙、甚至 NFC 技术来提供 IPS (Indoor Positioning System) 支持。更重要的是，该芯片还能将其他传感器联系在一起，例如电话中的陀螺仪、磁力计、加速度计、高度计等。此时，它会变成一个完美的“计步器”，几乎可以毫无死角地记录你在室内的所有位置变化。

它只需通过 GPS 记录下你的进入点，然后通过加速度计获得前进距离，通过陀螺仪记录方向，再利用高度计记录高度变化。这样它基本就能获知你在室内的准确位置变动。

### 指纹技术

指纹技术，主要是通过场景中，先建立指纹数据库，也是配合信号强度的主要算法，即记录各个点的信号强度值，当用户在这个场景中的时候，系统会根据信号强度来匹配，以确定目标的位置。通过指纹技术，其精度可以达到 5 米左右。但指纹技术最大的缺陷是场景的变动，由于场景变动，需要重新采集指纹，以确保较好的精度。

## 信标设备

信标设备是一个辅助设备，可以在定位过程中，协助校准，信标设备输出功率更低，其作用范围更有限，比如 5~10 米，这样有助于终端设备的位置校准，达到提高精度的效果。

## 3 UWB 技术

### 3.1 基本知识

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。脉冲覆盖的频谱从直流至 GHz，不需常规窄带调制所需的 RF 频率变换，脉冲成型后可直接送至天线发射。脉冲峰峰时间间隔在 10 - 100 ps 级。频谱形状可通过甚窄持续单脉冲形状和天线负载特征来调整。UWB 信号在时间轴上是稀疏分布的，其功率谱密度相当低，RF 可同时发射多个 UWB 信号。UWB 信号类似于基带信号，可采用 OOK，对映脉冲键控，脉冲振幅调制或脉位调制。UWB 不同于把基带信号变换为无线射频(RF)的常规无线系统，可视为在 RF 上基带传播方案，在建筑物内能以极低频谱密度达到 100 Mb/s 数据速率。

抗干扰性能强，传输速率高，系统容量大发送功率非常小。UWB 系统发射功率非常小，通信设备可以用小于 1mW 的发射功率就能实现通信。低发射功率大大延长系统电源工作时间。而且，发射功率小。

### 3.2 UWB 特点

由于 UWB 与传统通信系统相比，工作原理迥异，因此 UWB 具有如下传统通信系统无法比拟的技术特点：

**系统结构的实现比较简单：**当前的无线通信技术所使用的通信载波是连续的电波，载波的频率和功率在一定范围内变化，从而利用载波的状态变化来传输信息。而 UWB 则不使用载波，它通过发送纳秒级脉冲来传输数据信号。UWB 发射器直接用脉冲小型激励天线，不需要传统收发器所需要的上变频，从而不需要功放放大器与混频器，因此，UWB 允许采用非常低廉的宽带发射器。同时在接收端，UWB 接收机也有别于传统的接收机，不需要中频处理，因此，UWB 系统结构的实现比较简单。

**高速的数据传输：**民用商品中，一般要求 UWB 信号的传输范围为 10m 以内，再根据经过修改的信道容量公式，其传输速率可达 500Mbit/s，是实现个人通信和无线局域网的一种理想调制技术。UWB 以非常宽的频率带宽来换取高速的数据传输，并且不单独占用已经拥挤不堪的频率资源，而是共享其他无线技术使用的频带。在军事应用中，可以利用巨大的扩频增益来实现远距离、低截获率、低检测率、高安全性和高速的数据传输。

**功耗低：**UWB 系统使用间歇的脉冲来发送数据，脉冲持续时间很短，一般在 0.20ns~1.5ns 之间，有很低的占空因数，系统耗电可以做到很低，在高速通信时系统的耗电量仅为几百  $\mu\text{W}$ ~几十 mW。民用的 UWB 设备功率一般是传统移动电话所需功率的 1/100 左右，是蓝牙设备所需功率的 1/20 左右。军用的 UWB 电台耗电也很低。因此，UWB 设备在电池寿命和电磁辐射上，相对于传统无线设备有着很大的优越性。

**安全性高：**作为通信系统的物理层技术具有天然的安全性能。由于 UWB 信号一般把信号能量弥散在极宽的频带范围内，对一般通信系统，UWB 信号相当

于白噪声信号，并且大多数情况下，UWB 信号的功率谱密度低于自然的电子噪声，从电子噪声中将脉冲信号检测出来是一件非常困难的事。采用编码对脉冲参数进行伪随机化后，脉冲的检测将更加困难。

**多径分辨能力强：**由于常规无线通信的射频信号大多为连续信号或其持续时间远大于多径传播时间，多径传播效应限制了通信质量和数据传输速率。由于超宽带无线电发射的是持续时间极短的单周期脉冲且占空比极低，多径信号在时间上是可分离的。假如多径脉冲要在时间上发生交叠，其多径传输路径长度应小于脉冲宽度与传播速度的乘积。由于脉冲多径信号在时间上不重叠，很容易分离出多径分量以充分利用发射信号的能量。大量的实验表明，对常规无线电信号多径衰落深达 10~ 30 dB 的多径环境，对超宽带无线电信号的衰落最多不到 5 dB。

**定位精确：**冲激脉冲具有很高的定位精度，采用超宽带无线电通信，很容易将定位与通信合一，而常规无线电难以做到这一点。超宽带无线电具有极强的穿透能力，可在室内和地下进行精确定位，而 GPS 定位系统只能工作在 GPS 定位卫星的可视范围之内；与 GPS 提供绝对地理位置不同，超短脉冲定位器可以给出相对位置，其定位精度可达厘米级，此外，超宽带无线电定位器更为便宜。

**工程简单造价便宜：**在工程实现上，UWB 比其它无线技术要简单得多，可全数字化实现。它只需要以一种数学方式产生脉冲，并对脉冲产生调制，而这些电路都可以被集成到一个芯片上，设备的成本将很低。

### 3.2.1 UWB 的分类

UWB 规范，在演进的过程中，主要提到了三种，目前，定位是用 IR-UWB。

#### 脉冲无线电 (IR-UWB)

是传统的超宽带技术，它利用频带极宽的超短脉冲进行通信，通常又称为基带、无载波或脉冲系统。这种方案中，发射机产生基带窄脉冲序列，并通过脉冲位置调制(PPM)或脉冲幅度调制(PAM)等调制方式携带信息，基带窄脉冲序列通过跳时 (TH) 扩频码选择时隙后直接发送到空中，而无需对载波进行调制。TH-UWB 方案与传统的无线通信技术相比，系统收发机结构简单，系统功耗小，成本低，具有良好的定位功能。但是无载波脉冲方案存在两个主要的缺点：存在严重的符号间干扰 (ISI) 和频谱利用率不高。

### DS-UWB 方案

是对于无载波脉冲方案的改进。在 DS-UWB 方案中，经过 DS-UWB 扩频之后的信号再通过对载波进行调制，从而可以在合适的频带范围内传输。目前 Motorola 等公司提出的方案中，主要使用两个可用频段:3.1GHz-5.15 GHz(低频段)和 5.825GHz- 10.6GHz(高频段)，基带信号通过对载波相位进行调制，在这两个频段之一传输，或在这两个频段同时传输。两个频段之间的部分没有利用，是为了避免与 IEEE802.11a 系统的干扰。DS-UWB 提高了频带利用率高，但复杂度较高，成本增加，且依然无法解决 ISI 问题。

### 多带 (MB-OFDM) 方案

将可用的频段分为多个子频带，通过时频编码 (TFC) 跳频选择在不同的子频带上发送信号。每个子频带带宽大于 500MHz，每个子频带的信号为一个 OFDM 信号，它由许多个正交的子载波信号合成。MB-OFDM 系统优点突出：(1) 与无载波脉冲通信方式，射频部分和前端模拟电路设计变得更容易，并降低了对

ADC 的要求。(2) 频谱利用率很高, 当子载波数目较多时, 各子载波幅度谱叠加的总信号的幅度谱有很好的矩形特性。但是 MB-OFDM 系统需要增加复杂的 FFT 和 IFFT 单元, 系统实现复杂而且功耗增加; OFDM 固有的峰均比问题依然存在, 并且由于 FCC 发射功率谱密度的限制, 每个子频带带宽较窄可能导致发射功率不足, 而无法进行高速通信; 更需要指出的是, 相对 TH-UWB 和 DS-UWB 方案, 由于 MB-OFDM-UWB 方案中更小的子载波带宽使得系统失去了精确定位的特性。

### 3.2.2 UWB 应用场景

高速 UWB 的传输速率目前可达 100Mbps 到 xGbps, 传输距离可达 10~30 米, 属于高速短距离传输。后来由于规范化存在问题, 现在高速 UWB 市场非常有限。

中低速 UWB 传输速率一般在 2Mbps 以上, 最高不超过 30Mbps, 传输距离可达, 100 米以上, 甚至几公里, 属于中低速中短距离传, 这类产品主要面向精确定位及物联网市场。

智能交通系统。超宽带系统同时具有无线通信和定位的功能, 可方便地应用于智能交通系统中, 为车辆防撞、电子牌照、电子驾照、智能收费、车内智能网络、测速、监视、分布式信息站等提供高性能、低成本的解决方案。

在军事、公安、消防、医疗、救援、测量、勘探和科研等领域, 用作隐秘安全通信、救援应急通信、精确测距、定位与搜索、透地探测雷达、墙内和穿墙成像、监视和入侵检测、医用成像、贮藏罐内容探测等。

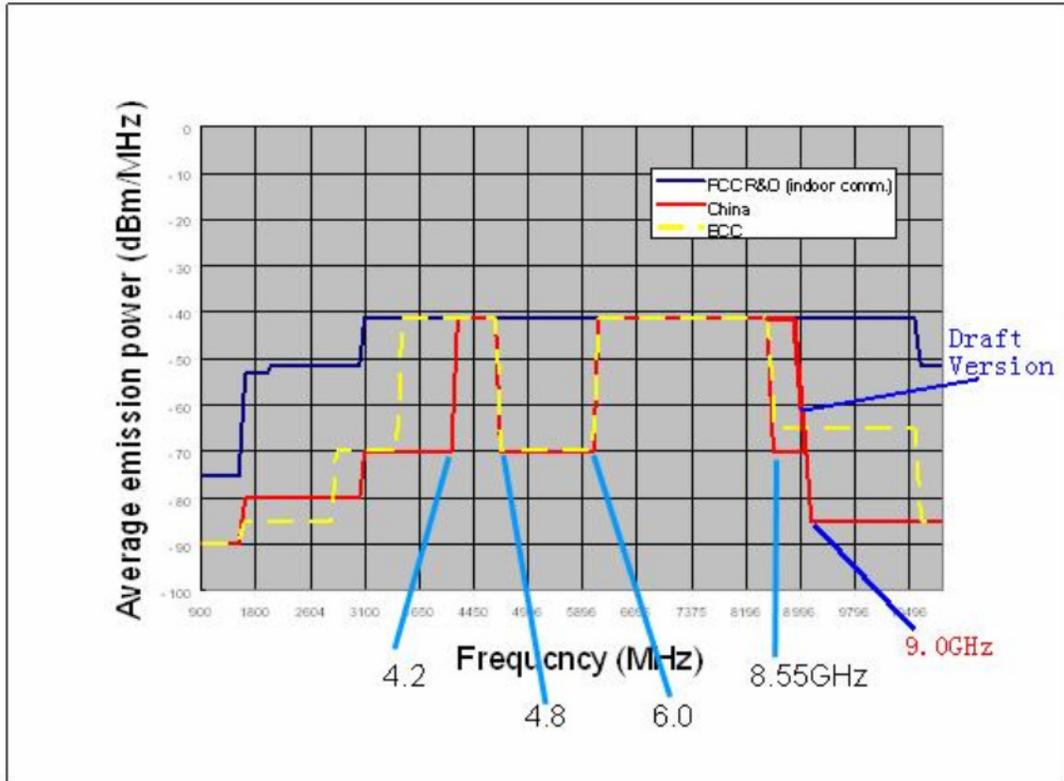
传感器网络 and 智能环境（生活环境、生产环境、办公环境等）中用于对各种对象（人和物）进行检测、识别、控制和通信，用于资产追踪(asset tracking)、供应链管理(SCM)、保健监控和公众安全/营救等应用。

### 3.3 RF 相关

#### 3.3.1 工作频率

区域	允许工作频段
欧洲	6.0 to 10.6 GHz
美国	3.1 to 10.6 GHz
日本	7.25 to 10.25 GHz
韩国	7.2 to 10.2 GHz
新加坡	3.4 to 10.6 GHz
中国	6.0 to 9.0 GHz

### 3.3.2 输出功率及安规



关于中国的规定，超宽带（UWB）无线电设备 UWB 发射信号的等效全向

辐射功率谱密度限值:

频率范围(GHz)	限值(dBm/MHz)	检波方式
1.6GHz 以下	-90	有效值(RMS)
1.6-3.6GHz	-85	
3.6-6.0GHz(注 1)	-70	
6.0-9.0	-41	
9.0-10.6	-70	
10.6GHz 以上	-85	

## 关于南京沃旭

南京沃旭通讯科技有限公司成立于 2012 年 4 月，专注于无线精确测距/定位。沃旭的目标是提供定位/引导/识别的系统解决方案，为客户提供高性价比的产品和服务，为公司员工提供宽松和谐的工作环境。了解更多，敬请访问 [www.woxuwireless.com](http://www.woxuwireless.com) 。