

2. 4G 无线技术详解

第一节：2. 4G 无线技术优势

大家所谓的 2. 4G 无线技术，其频段处于 2. 405GHz-2. 485GHz(科学、医药、农业) 之间。所以简称为 2. 4G 无线技术。这个频段里是国际规定的免费频段，是不需要向国际相关组织缴纳任何费用的。这就为 2. 4G 无线技术可发展性提供了必要的有利条件。而且 2. 4G 无线技术不同于之前的 27MHz 无线技术，它的工作方式是全双工模式传输，在抗干扰性能上要比 27MHz 有着绝对的优势。这个优势决定了它的超强抗干扰性以及最大可达 10 米的传输距离。此外 2. 4G 无线技术还拥有理论上 2M 的数据传输速率，比蓝牙的 1M 理论传输速率提高了一倍。这就为以后的应用层提高了可靠的保障。综合 2. 4G、蓝牙以及 27MHz 这三种常用的无线传输技术，2. 4G 有着自己独到的优势所在。相比蓝牙它的产品制造成本更低，提供的数据传输速率更高。相比同样免费的 27MHz 无线技术它的抗干扰性、最大传输距离以及功耗都远远超出。



2. 4G 无线鼠标

2.4G 无线键鼠套装已经出现有一段时间了，而且一直稳定占据着中低端无线键鼠的市场。蓝牙目前还是被作为高端无线技术应用在键鼠之上。市场份额相对较少但是却不可或缺，因为蓝牙有本身相对开放的连接协议。而不是 2.4G 无线的通过兑码实现的点对点连接。不过，因为键鼠的身份比较特殊，一台电脑一套键鼠已经足以应付。不像 PSP 或是手机那样本身就是一个载体可以利用蓝牙的点对面功能收发数据，这就决定了 2.4G 无线技术在键鼠产品上是未来的发展趋势所在。

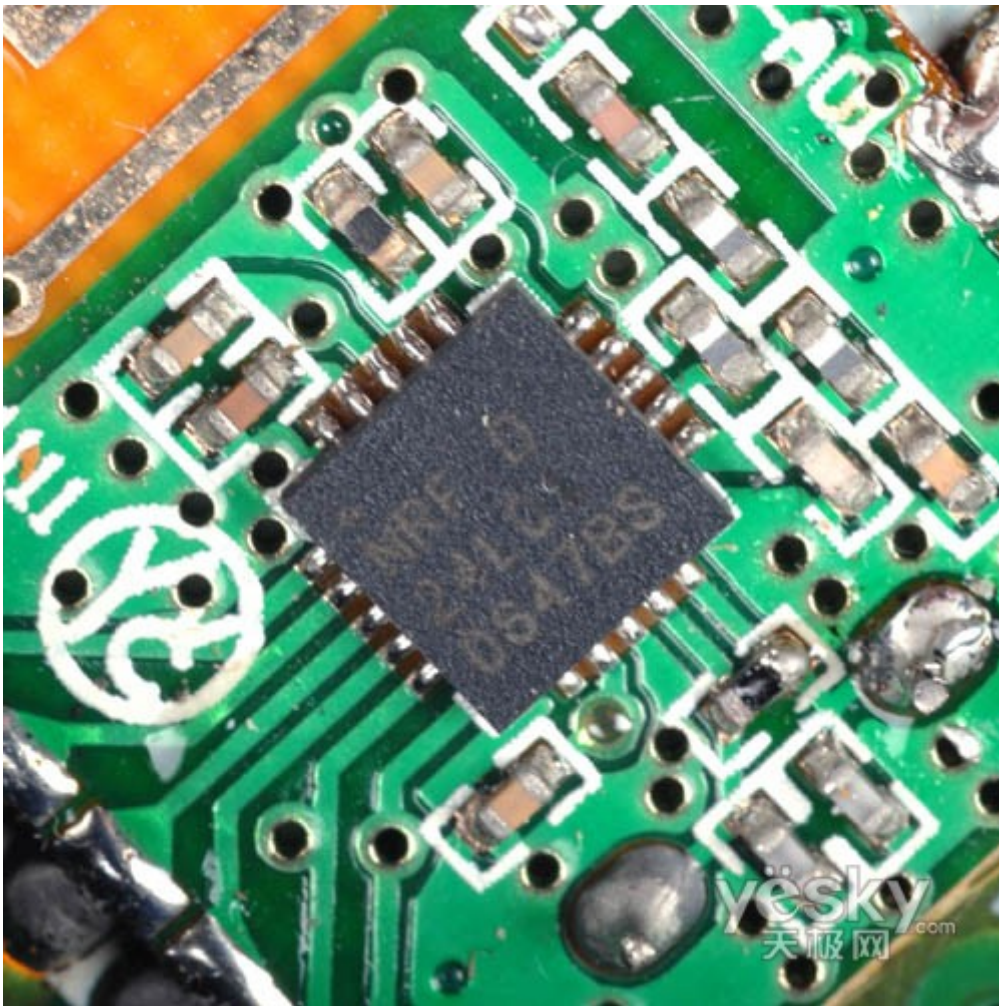


2.4G 无线键盘

既然是未来的发展趋势，被用户广泛应用是时间迟早的问题。讲究便携、抗干扰、以及传输距离的 HTPC 用户恰好和 2.4G 无线技术的诸多特点相融合。如今很多知名的键鼠厂商已经把未来的无线技术产品发展方向对准了 2.4G。有了大的厂商带动，相信越来越多的用户会对 2.4G 无线键鼠产品产生浓厚的兴趣。

第二节：2.4G 无线键鼠收发模块介绍

通过我们一直以来对市场中大部分品牌的资料收集，基本目前市场中的 2.4G 无线键鼠产品所用到的无线收发模块都是 NRF24L01 芯片，此款芯片出自挪威著名 IC 芯片公司 Nordic。



挪威著名芯片厂商的 NRF24L01 无线收发芯片

nRF24L01 是单片射频收发芯片，工作于 2.4~2.5 GHz ISM 频段。工作电压为 1.9~3.6 V，有多达 125 个频道可供选择。可通过 SPI 写入数据，最高可达 10 Mb / s，数据传输率最快可达 2 Mb / s，并且有自动

应答和自动再发射功能。和上一代 nRF2401 相比，nRF24L01 数据传输率更快，数据写入速度更高，内嵌的功能更完备。芯片能耗非常低，以-6 dBm 的功率发射时，工作电流只有 9 mA，接收时工作电流只有 12.3 mA，多种低功率工作模式(掉电模式和空闲模式)使节能设计更方便。这就不难发现为什么绝大部分甚至微软、罗技这样的知名键鼠企业都普遍采用 NRF24L01 芯片作为收发芯片的原因。

无线技术知识 2.4G 与其他无线技术对比

<http://www.sina.com.cn> 2010 年 04 月 01 日 14:35 IT168.com

[\[硬件频道\]](#) [\[选购指导\]](#) [\[评测试用\]](#) [\[行情快报\]](#) [\[新闻新品\]](#) [\[知识技巧\]](#) [\[攒机推荐\]](#) [\[论坛\]](#)

●从理论上讲，2.4GHz 是工作在 ISM 频段的一个频段。ISM 频段是工业，科学和医用频段。一般来说世界各国均保留了一些无线频段，以用于工业，科学研究，和微波医疗方面的应用。应用这些频段无需许可证，只需要遵守一定的发射功率(一般低于 1W)，并且不要对其它频段造成干扰即可。

●ISM 频段在各国的规定并不统一。而 2.4GHz 为各国共同的 ISM 频段。因此无线局域网(IEEE 802.11b/IEEE 802.11g)，蓝牙，ZigBee 等无线网络，均可工作在 2.4GHz 频段上。

●大家所谓的 2.4G 无线技术，其频段处于 2.405GHz-2.485GHz(科学、医药、农业)之间。所以简称为 2.4G 无线技术。

●2.4G 免费频段是什么意思？

免费频段，是指各个国家根据各自的实际情况，并考虑尽可能与世界其他国家规定的一致性，而划分出来的一个频段，专门用于工业，医疗以及科学研究使用(ISM 频段)，不需申请而可以免费使用的频段。我们国家的 2.4G 频段，就是这样一个频段。然而，为了保证大家都可以合理使用，国家对该频段内的无线收发设备，在不同环境下的使用功率做了相应的限制。例如在城市环境下，发射功率不能超过 100mW。

●2.4G 无线键鼠收发模块



挪威著名芯片厂商的 NRF24L01 无线收发芯片

nRF24L01 是单片射频收发芯片，工作于 2.4~2.5 GHz ISM 频段。工作电压为 1.9~3.6 V，有多达 125 个频道可供选择。可通过 SPI 写入数据，最高可达 10 Mb/s，数据传输率最快可达 2 Mb/s，并且有自动应答和自动再发射功能。和上一代 nRF2401 相比，nRF24L01 数据传输率更快，数据写入速度更高，内嵌的功能更完备。芯片能耗非常低，以 -6 dBm 的功率发射时，工作电流只有 9 mA，接收时工作电流只有 12.3 mA，多种低功率工作模式(掉电模式和空闲模式)使节能设计更方便。这就不难发现为什么绝大部分甚至微软、罗技这样的知名键鼠企业都普遍采用 NRF24L01 芯片作为收发芯片的原因。

● 2.4G 数字无绳电话方案采用 NSC 的 2.4G 无线方案，运行在 2.4GHz (2400-2483.5GHz) 开放频段上，采用时分双工(TDD)，调制方式为 BT=0.5 的 GFSK，调制指数为 0.28-0.35，采用跳频方案以确保链路稳定。

● “2.4GHz 非联网解决方案”也就是我们俗称的 2.4G 无线网络技术。它的优点是解决了 27MHz 功率大、传输距离短、同类产品容易出现互相干扰等缺点而提出的。2.4G 无线技术之所以是“2.4G”而不是“2.5G”是因为该技术使用的频率是 2.4-2.485GHz ISM 无线频段，该频段在全球大多数国家均属于免授权免费使用，这为产品的普及扫清了最大障碍。

● 蓝牙技术是一种短距离无线通信技术，是一种可实现多种设备之间无线连接的协议，是一种简便稳定的无线连接手段，凭借其在使用距离、抗干扰能力、易用性、安全性等方面的领先，同时蓝牙设备的成本也不断的下降，使蓝牙技术逐渐成为无线外设的主流技术。

● 所有蓝牙设备都必须具备的蓝牙标志，正因为蓝牙技术由 2.4-2.485GHz ISM(工业、科学、医学)频段增加特定协议而来，因此它能够使任何蓝牙设备在一定范围内互相配对并连接、传输数据。这个技术的好处不但使减低了甚至杜绝了无线设备互相干扰的现象，甚至使蓝牙设备适应性更广，成本更低廉。此外，蓝牙技术传输速率最高为每秒 1Mbps，虽然和 2.4GHz 非联网解决方案的 2Mbps 还有一定差距，但还是要高于 27MHz 无线技术。

●为了实现个人 PC 自动化控制，将人类从有线的环境中解放出来，以取代线缆为目标，键鼠无线技术广受大家欢迎，不过传统的 27 MHz RF 无线频率带技术，在这个频率带中有四个全球范围的频道：其中两个用于无线键盘，另外两个用于无线鼠。输出速率为 4.8MB/S，不但容易受到干扰，而且传输距离仅为 6 英尺(182.88cm)。

●要讨论无线键鼠的游戏性能，需先从目前无线电技术最新进化形式的 2.4GHz 技术谈起。无线鼠标诞生之初是采用的是“27MHz RF 无线技术”，这项技术是由罗技在 1991 年率先提出的，但是“27MHz RF 无线技术”缺点十分明显：无线技术保密性不强、不支持全双工工作、容易受干扰和串频影响、传输带宽窄、稳定性比较差等特性一直限制着无线鼠标的发展。虽然罗技之后采用了双频道技术以求尽可能避免干扰，但随着时间的流逝“27MHz RF 无线技术”最终还是完全被“2.4G 无线网络技术”所取代。

●2.4GHz 频率属于 ISM(工业、科学及医疗设备)频率，无需经过当局许可便可使用。

2.4G 无线鼠标它的工作方式是全双工模式传输，在抗干扰性能上要比 27MHz 有着绝对的优势。这个优势决定了它的超强抗干扰性以及最大可达 10 米的传输距离，双向传输技术，速度至少是 400 倍以上，理论上 2M 的数据传输速率，比蓝牙的 1M 理论传输速率提高了一倍因此也更省电。此外，2.4GHz 无线鼠同时搭载的多条信息通道加上智能跳频技术实现优良的稳定性和抗干扰性。作为目前效率最高的无线连接方式，它无疑是无线鼠标，尤其是针对游戏领域的专门鼠标最为理想的技术选择。

●简单来说，从无线发射技术上主要分为三大类：一类是采用红外无线技术，这类产品基本上属于淘汰产品，无线操控的距离短，而且有方向性上的要求；第二类就是比较主流的 2.4GHz 无线键盘鼠标，这个技术相对于红外来说是一个巨大的进步，首先其使用距离大大提升，理论上最大可以达到 10 米。

●如今市场上存在的无线耳机技术包括五种，即红外、27MHz 无线射频、蓝牙、调频和 2.4GHz 数字高速射频技术。

无线技术	特点
红外	有效接收距离短，且无法支持多方位传输；电力消耗大，抗干扰能力差。
27MHz 射频	接收距离短，传输速率较低，抗干扰能力一般，只能进行单向信号传递，容易出现信号中断和无线频段互相干扰的现象。
调频	传输距离较长，可全方位接收信号，抗干扰能力较高，仅支持单向信号传递。
蓝牙	在传输距离、速度等方面具有绝对优势，但在微处理器和协议使用许可方面的高要求，使得产品价格一直居高不下，对国内大部分消费者来说还是难以承受的。
2.4GHz	传输速率可媲美蓝牙，功耗却大大降低；采用完全开放式的网络协议，在价格上具有绝对优势；传输距离可达 10 米，虽然小于蓝牙，但是足够日常的音乐欣赏了。

由此可见，在综合能力的评定上，2.4G 无线技术具备最为成熟的市场条件

●可以在动荡的车厢内，悠闲的单车上，伴随着欢快的脚步，收听调频广播。在这个竞争激烈又丰富多彩的世界里，让你无时无刻都可以接收到来自各方的讯息。聆听音乐，放松心情。

可以在夜深人静的时候，非常过瘾的收看精彩的电视节目，而不会影响“爱你和你爱的人”。

可以摆脱有线的束缚，如果你需要走开倒杯水，不必顾虑，没有关系。在你走开的间隙，一样可以收听到清晰的对白，优美的旋律。因为这款耳机的声音讯号可以穿透墙壁、物体等物质，无角度限制。

●无线耳机其实很早就有相关产品了，2.4G 技术的成熟也推动了产品的研发，但是由于无线麦克风的欠缺，人们只能使用有线麦克风来配合无线的“听”，抛开辐射不说，单就便携性就不能体现出无线耳机的优势。

●无线信号传递方面虽然有红外线、蓝牙、27MHz RF 等多种普及型技术，但目前看来最稳定、最可靠且最实用的无疑就是 2.4GHz。

●2.4GHz 音频技术为何成香饽饽？

在无线音频技术中，市场上很多无线耳机产品都 2.4GHz 无线技术为卖点，这也是数码外设的一个转型分支。2.4GHz 所指的是一个工作频段，2.4GHz ISM(Industry Science Medicine)是全世界公开通用使用的无线频段，蓝牙技术即工作在这一频段，在 2.4GHz 频段下工作可以获得更大的使用范围和更强的抗干扰能力。并且通俗的说，2.4GHz 无线技术所需的功耗很低，且不像蓝牙那样成本昂贵，可以有效降低生产成本。而蓝牙由于所需的微处理器和协议使用许可方面的开支，解决方案的定价通常在 5 美元以上。

●其实 2.4GHz 作为一个国际通用频段，衍生出的应用技术也是相当丰富。除了所谓的 2.4G 应用之外，我们常用的 WiFi 和蓝牙技术同样工作在 2.4Ghz 的频段范围之内，只是各自工作的协议有所不同。相比 WiFi 和蓝牙的庞大标准协议体系，2.4G 的工作方式和数据包更为简洁和易于利用。事实上，通过频率对码和自动调频等技术的应用，2.4G 应用下的保密性和抗干扰性也丝毫不比基于蓝牙协议的应用差。

●小贴士：什么是 2.4G 无线技术？

大家所谓的 2.4G 无线技术，其频段处于 2.405GHz-2.485GHz(科学、医药、农业)之间。所以简称为 2.4G 无线技术。这个频段里是国际规定的免费频段，是不需要向国际相关组织缴纳任何费用的。这就为 2.4G 无线技术可发展性提供了必要的有利条件。而且 2.4G 无线技术不同于之前的 27MHz 无线技术，它的工作方式是全双工模式传输，在抗干扰性能上要比 27MHz 有着绝对的优势。这个优势决定了它的超强抗干扰性以及最大可达 10 米的传输距离。此外 2.4G 无线技术还拥有理论上 2M 的数据传输速率，比蓝牙的 1M 理论传输速率提高了一倍。这就为以后的应用层提高了可靠的保障。综合 2.4G、蓝牙以及 27MHz 这三种常用的无线传输技术，2.4G 有着自己独到的优势所在。相比蓝牙它的产品制造成本更低，提供的数据传输速率更高。相比同样免费的 27MHz 无线技术它的抗干扰性、最大传输距离以及功耗都远远超出。

●先来和大家简单聊聊如今市场上存在的无线耳机技术吧，据我观察，主要就包括五种，即红外、27MHz 无线射频、蓝牙、调频和 2.4GHz 数字高速射频技术。

这几种无线方式中，其中最早出现的应该是红外无线，红外无线有效接收距离短，且无法支持多方位传输(只能在发射器四周 45 度内)，电力消耗大，抗干扰能力差。

接下来就出现了 27MHz 射频无线耳机, 这种方式的产品可能目前最常见, 几十块一个的无线耳机都是这种, 缺点是接收距离短, 传输速率较低, 抗干扰能力一般, 只能进行单向信号传递, 容易出现信号中断和无线频段互相干扰的现象, 声音也比较差, 听起来像听老式的收音机, 优点就是比较便宜。

在 27Mhz 射频无线基础上, 又发展出了调频无线, 同样价格比较便宜, 传输距离较长, 可全方位接收信号, 抗干扰能力较高, 仅支持单向信号传递, 音质也比 27Mhz 射频要好一些, 接近 FM 立体声广播收音机的品质, 很多车载 mp3 发射器就是这种技术, 把 mp3 接到这种发射器上, 汽车的收音机上就可以接受到了。

而蓝牙呢, 从技术角度讲, 在传输距离、速度等方面具有绝对优势, 但在微处理器和协议使用许可方面的高要求, 使得整套产品价格一直居高不下, 对国内大部分消费者来说还是难以承受的, 耗电也比较厉害。现在常见的也就是拿来打电话的单声道蓝牙耳机。

2.4Ghz 的无线传输, 从基础上来讲, 也是基于 27Mhz 的射频发展起来的, 由于频率大幅度的提高, 所以传输速率可媲美蓝牙, 达到了 2Mbps 的速度(一般的 mp3 也就 128Kbps 的码率, CD 音轨也只有 1440Kbps 的码率), 功耗却大大降低。并且因为采用完全开放式的网络协议, 在价格上具有绝对优势, 传输距离可达 10 米, 虽然小于蓝牙, 但是足够日常大部分的应用了。所以现在无论是无线键盘无线鼠标, 还是无线耳机, 都开始慢慢进入 2.4Ghz 无线阶段了, 相信最终会称为无线传输的主流。

●无线耳机的工作原理是怎样的?

王: 无线耳机最核心的工作就是处理音频信号, 并使音频可以通过无线的方式在音源和耳机之间进行传输。其中, 无线耳机的工作方式可以分为模拟方式和数字方式两种情况。模拟方式主要以 FM、红外等技术为主。而数字方式主要则是我们近年来常见的 2.4GHz 和蓝牙两种无线技术。

同样是基于 2.4GHz 频段, 2.4GHz 无线传输技术与蓝牙技术相比, 谁更容易实现好音质?

王: 虽然 2.4GHz 无线传输技术和蓝牙技术同样都是基于 2.4GHz 频段, 但是由于两者的采用的协议不同, 因此两者在功能和性能上也有各自的偏重。蓝牙是一个比较通用的协议, 它除了能传输音频信号之外, 还能兼顾很多其它方面的应用。为了保证协议工作的完整性, 蓝牙需要将相当大的一部分频宽用于维护系统整体的兼容性。相对地, 音频信号传输的带宽就难以得到充分的保障。而 2.4GHz 无线传输技术采用的自定义传输协议, 无需担心兼容性问题, 可以最大限度地降低带宽的浪费。从这个角度而言, 虽然随着蓝牙技术的进步, 也能开发出优秀的耳机产品, 但受到其技术特性和频宽浪费问题的影响, 设计难度更大, 在方案不合理的情况下还有可能得不到理想的效果。相对来说, 设计难度和频宽浪费较小的 2.4GHz 无线传输技术更容易设计出效果让人满意的无线耳机。

2.4GHz 无线传输技术在键鼠领域应用得非常广泛, 那么无线耳机是基于与键鼠一样的解决方案, 又或是有专门的无线音频解决方案?

王: 键鼠应用和音频传输应用在工作性质上就有很大的差异, 因而在解决方案上自然就大不相同。首先音频传输的数据量是一般无线鼠标的 10 倍以上, 这对带宽和发射功率的要求上就差别很大。其次, 我们设计的无线耳机都是全双工工作的, 这在系统的复杂程度上也比一般的无线鼠标应用系统高出甚多。

普通 2.4GHz 无线传输技术最远只能达到 10 米传输, 对使用无线耳机的用户来说稍短, 是否有更好的解决方法呢?

王：实际上 2.4GHz 无线耳机的传输距离是有可能做得更远一些，比方说 15 米或更远，但是在目前而言，工作范围扩大首先带来的是发射功率要增强，耗电也会随之增长起来。

●09 年末，各大媒体和厂商就纷纷预测 2010 年的国内音频市场将是无线之年，而在这次无线音频技术市场大战中，2.4GHz 数字无线技术将扮演十分重要的角色。经过多年沉淀的无线技术从模拟传输发展到数字传输，而 2.4GHz 数字无线技术更是凭借在抗干扰、兼容性以及可靠性等方面的优势后来居上，渐渐成为目前普及无线音频的中坚力量。

●无线鼠标通讯技术 无线鼠标之所以能够摆脱线缆的束缚，关键还是靠无线通讯技术。目前的无线鼠标通讯技术可分为：RF 27 MHz 无线技术、2.4GHz Bluetooth 无线技术和 2.4G 封闭协议通讯技术。

(一). RF 27 MHz 无线技术

RF 27 MHz 指的是使用 27 MHz ISM(工业、科学、医学)无线频率带的一项技术。在这个频率带中有四个全球范围的频道：其中两个用于无线键盘，另外两个用于无线鼠标。键盘和鼠标向插在计算机上的接收器传送信息。传送是单方向的，即从键盘或鼠标到接收器。因为其他类型的无线设备(如无绳电话或无线网络设备)很少使用 27 MHz 频率，所以很少有来自其他设备干扰的风险。键盘和鼠标各自拥有的两个频道也减少了与附近其他无线键盘或鼠标产品之间的干扰。RF 27 MHz 无线技术起步最早，罗技公司早在 1994 年就应用该技术推出无线鼠标产品。时至今日，RF 27 MHz 无线技术已经积累了十余年的技术经验，相关产品已经比较成熟。但是实际使用中的信号干扰问题一直困扰着 RF 27 MHz 无线技术的发展和运用。

为了克服 27 MHz 射频通讯的干扰问题，全新的 2.4GHz 频带通讯技术诞生了，它有效的解决了设备之间的互相干扰问题。目前应用在无线鼠标领域的技术主要是：Bluetooth 无线技术和 2.4G 封闭协议通讯技术。

(二). 2.4GHz Bluetooth(蓝牙)无线技术

说到 Bluetooth(蓝牙)，大家都不会感到陌生。它具有方便、可靠的无线连接方式。具有比其他无线技术更长的无线射程：无线收发器与 Bluetooth 设备相距多达 30 英尺(9.1 米)。其无线安全性远远超过无线 27 MHz 设备，具有双通道 128 位验证和可变的加密密钥长度，及联结单个主机和某一设备的虚拟缆线功能。具有行业支持的标准化无线协议，可以实现不同设备之间的兼容。由于日常环境中很少有频率如此高的无线信号，所以 2.4GHz 连接方式基本不会收到信号干扰。目前蓝牙耳机大行其道，蓝牙通讯也成为了移动设备(手机，PDA 等)的首选互联方式，所以蓝牙技术应用在鼠标上也并不稀奇。蓝牙鼠标的最大好处就是可以利用笔记本内置的蓝牙模块进行链接，而不需要另行安装信号接收装置。目前微软的 2.4G 无线鼠标全部基于蓝牙解决方案。

(三). 2.4G 封闭协议通讯技术

2.4G 封闭协议通讯技术则是近年来兴起的另一种无线通讯解决方案。同样利用 2.4GHz 开放频段，在硬件上多使用 Nordic Semiconductor 公司的 nRF2401/nRF2402 系列芯片，而具体的通讯协议则由各厂家自行制定和开发。此种通讯技术拥有比蓝牙更高的传输速度；由于是封闭技术的缘故，其安全性能更高；当然，最关键的是 2.4G 封闭协议通讯技术成本低廉，生产厂商不用像使用蓝牙那样要缴纳高额的专利使用费，这也正是其在市场上大行其道的主要原因之一。以罗技为首的外设厂商是这项技术的主要推行者。

↩	范围↩	安全级别↩	其他设备干扰风险↩	技术级别↩	成本↩
2.4G 封闭协议↩	30 英尺↩	优秀↩	非常低↩	尖端↩	中等↩
2.4GHz Bluetooth↩	30 英尺↩	优秀↩	非常低↩	尖端↩	高↩
RF 27 MHz↩	6 英尺↩	良↩	低↩	实用，已使用多年↩	低↩

当然以上两种 2.4GHz 技术也并非十全十美。虽然在理论上具有较强的抗干扰性，但因为在国际上 2.4GHz 是一个开放频段，生活中常用的无绳电话，802.11b/g 以及还处于草案阶段的 802.11n WiFi 协议，甚至连最常见的微波炉都工作在这同一个频段中。所以在实际使用中，当某信道的 WiFi 网络进行大吞吐量数据传输时，一些 2.4GHz 鼠标出现停顿、丢帧的现象也是时有发生。

●首先我们先来简单介绍一下这三个概念。27MHz 指的是一种无线传输技术所在的频段，采用这种技术的无线键鼠产品出现较早，不过这类产品的劣势比较明显，传输距离太小，并且必须连续工作，因此功耗也较大，目前已经逐步退出市场。

采用 2.4GHz 非联网方案依然是主流

如今最为流行的是采用 2.4GHz 传输模式的键鼠，产品工作在 2.4-2.485GHz 的频段下工作，因为该频段不需授权，所以产品非常容易普及。另外，2.4GHz 传输速率达到 2Mbps，而且不需要不间断的工作，因此在功耗方面有着很大的优势。并且使用自动调频技术，还可进行双向传输，这样就很好的保证了信号的连续性。

最后我们来说说蓝牙技术，准确的说蓝牙是一种无线标准，就像 ZeeBig 和 Wi-Fi 一样，因为蓝牙标准同样在 2.4GHz 频段下工作，所以很多用户经常混淆。目前根据传输距离的远近，蓝牙可分为“Class1”、“Class2”和“Class3”标准，Class1 标准传输距离可达 100 米左右，而最短的 Class3 传输距离只有 1 米左右。我们常用的键鼠产品一般都采用传输距离在 10 米左右的 Class2 标准。

2.4GHz 频段上新一代点对点无线技术

【2004-04-20 10:36】 【】 【泰尔网】

2.4GHz 非联网解决方案

虽然 433MHz 系统和蓝牙技术能够满足诸多应用的需要，但是，对于大多数消费电子设备而言，用它们作为电缆替代方案要么局限性过大，要么成本过高而且复杂。正在开发中的新型无线技术基于这样的前提：即诸如鼠标、键盘和消费电子设备等简单的点对点应用并不需要采用复杂的联网协议。

与采用 433MHz ISM 频段的技术相比，采用 2.4GHz ISM 频段的技术具有以下优点：

- 标准的管制条例-由于 802.11 和蓝牙技术支持者的努力(他们与许多国家的无线电频率管理机构进行了合作，以谋求消除国家之间在有关管制条例方面的差异)，目前大多数国家都对 2.4GHz ISM 频段有着相似的管制条例。这使得采用 2.4GHz 技术的产品无需改变频率或发射功率便可在世界范围内销售。

- 系统级标准-2.4GHz 非联网技术采用集成无线电 IC 和标准协议，从而大幅度地缩短了将这些技术集成到器件设计中所需的开发时间。

- 带宽-2.4GHz ISM 频段的宽度超过 83MHz--远远宽于 433MHz ISM 频段。这使得可以有更多的设备共享这一频段且彼此之间没有干扰。

与蓝牙等重型联网协议相比，非联网技术还具有一些至关重要的优点。首先便是成本。非联网技术无需采用大量的协议栈，这使得它们能够采用更小、更廉价的微处理器。另一个优点是功耗。较轻的协议加上强健的纠错能力有助于减少无线电传送时间，这直接影响到功耗并使设备具有较长的电池使用寿命。

这些优点表明：2.4GHz 非联网技术将 433MHz 解决方案的低成本与蓝牙技术的长处结合在了一起，旨在实现健壮、轻型技术，以显著地减少在给消费电子设备增添无线功能时所花费的时间和成本。

WirelessUSB：无网络开销的 2.4GHz 技术

由赛普拉斯半导体公司开发的 WirelessUSB 是非联网 2.4GHz 技术的一个范例。与蓝牙技术相似，WirelessUSB 将 2.4GHz ISM 频段划分为 78 个 1MHz 信道。但它并没有像蓝牙技术那样采用跳频扩频(FHSS)。FHSS 系统希望通过在载频之间的不断跳跃来确保传输数据的某些部分能够被正确地接收。即使有些信道完全阻塞，在其他信道上传送的数据仍将正常通过。而 WirelessUSB 只采用了一个信道和直接序列扩频(DSSS)调制方案以避免干扰。

在使用一个信道之前，WirelessUSB 设备检查该信道上的其他流量。另外还对信号强度进行测量以确定噪声层。如果有另一个 WirelessUSB 或 2.4GHz 设备正在使用该信道，则该设备将转移至另一个信道以实现与这些设备的共存。

DSSS 系统增加了工作范围并降低了误码率。此类系统将每个数据位作为一个伪噪声(PN)代码来传输; PN 代码的每个码元被称为“片”(chip)。当存在干扰(或靠近工作范围的极限值处)时,接收到的传输 PN 代码往往会有一些“片”被损坏。DSSS 接收器采用数据相关器来对输入数据流进行解码。如果“片”误差的数量低于相关器的误差阈值,则数据将被正确接收。

如果相关器的误差阈值被超过,则接收数据位不被损坏;它“删除”。数据损坏超过数据删除的概率可以忽略不计。纠正“删除”要比纠正“误差”容易得多。通过对每个数据字节进行“异或”操作,并将合成校验和作为每个分组的最终字节来传输,即可采用该校验和来对一个接收分组的每个码位位置中的一个误差进行校正。

因此,即使是在那些遭受了会引发 10%以上的“片”误差率的干扰的频率上,WirelessUSB 系统也能够成功地接收无误差数据。这使得 WirelessUSB 通常具有抗干扰能力并有望实现 50 米(或更长)的工作距离。

由于 2.4GHz ISM 频段得到了如此广泛的应用,因此很有可能遇到干扰特别严重的情况,即便采用了上述的强大纠错功能也无法对众多的不合格分组进行校正。在这种场合,WirelessUSB 协议能够使发送器和接收器自动切换至一个无干扰信道以避免干扰。

PN 代码系统简化了多用户的并置。在该情形下,多个 WirelessUSB 系统可使用同一个信道,前提是它们采用不同的 PN 代码且相邻系统距接收器的距离至少为其距本地系统中的设备的三倍。通过将 2.4GHz ISM 频段划分成 80 个独立的信道并允许相邻系统进行信道重用,可以把许多 WirelessUSB 系统布设在同一区域内,从而使该技术能够在教室或办公室环境中得到推广应用。

最后,WirelessUSB 协议专门针对低功耗器件进行了优化。只需少量的 1~4 字节分组即可建立一个连接。一旦连接完成,即没有信标分组或其他不必要的流量。每个应用数据分组包含一个一字节信头和用于纠错的一字节校验和。该协议健全且足够轻,使得一个 WirelessUSB 键盘能够在采用三节 AA 电池的情况下连续工作达一年之久。采用该技术的芯片订价在 2 美元以下。一个用于该设计的无线电部分的双层 PCB 布局实例(包括 PCB 印制线天线)被作为 WirelessUSB 开发套件的一部分提供给用户。它免除了进行复杂的 RF 电路布局和天线设计的需要。当采用 PCB 印制线天线时,开发人员不需要具备 2.4GHz 天线设计方面的知识。WirelessUSB IC 仅需的外部元件是若干去耦电容器、一个四元件无源天线匹配网络和一个廉价的 13MHz、50ppm 晶体。该设计方法使得能够将整个 RF PCB(包括天线和

IC)放入一个面积仅 1 平方英寸左右的区域内。

结论

433MHz 和蓝牙技术虽然适合于某些应用，但并非低成本无线设备的理想选择。新型非联网 2.4GHz 技术集 433MHz 与蓝牙技术两者的优点于一身，从而造就了采用少量协议的集成无线电 IC。这些非联网 2.4GHz 技术是鼠标、键盘、游戏控制器、无线玩具和许多其他消费电子设备的理想之选。