

4G 智能手机天线设计解决方案

2010 年全球移动数据消费量增长了 2.6 倍。这是移动数据使用量连续三年接近 3 倍的增幅。到 2015 年,全球移动数据业务量有望增长到 2010 年的 26 倍。导致这种戏剧性增长的关键因素之一是智能手机和平板电脑的快速普及。全球移动数据用户希望他们的设备在全球任何地方都能高速联网。

这种期望给网络和设备性能带来了巨大的负担。在移动数据设备中,天线是“接触”网络的唯一部件,优化天线性能变得越来越重要。然而,智能手机和平板电脑中的 4G 天线设计所面临的挑战十分艰巨。尽管应对这些挑战有多种可行的解决方案,但每一种都会有潜在的性能折衷。

4G 天线设计挑战

有许多因素会影响手持移动通信设备的天线性能。虽然这些因素是相关的,但通常可以分成三大类:天线尺寸、多副天线之间的互耦以及设备使用模型。

天线尺寸取决于三个要素:工作带宽、工作频率和辐射效率。今天的带宽要求越来越高,其推动力来自美国的 FCC 频率分配和全球范围内的运营商漫游协议;不同地区使用不同的频段。“带宽和天线尺寸是直接相关的”且“效率和天线尺寸是直接相关的”——这通常意味着,更大尺寸的天线可以提供更大的带宽和更高的效率。

除了带宽外,天线尺寸还取决于工作频率。在北美地区,运营商 Verizon Wireless 和 AT&T Mobility 选择推广的 LTE 产品工作在 700MHz 频段,这在几年前是 FCC UHF-TV 再分配频段的一部分。这些新的频段(17, 704—746MHz 和 13, 746—786MHz)比北美使用的传统蜂窝频段(5, 824—894MHz)要低。这个变化是巨大的,因为频率越低,波长越长,因而需要更长的天线才能保持辐射效率不变。为了保证辐射效率,天线尺寸必须做大。然而,设备系统设计人员还需要增加更大的显示器和更多的功能,因此可用的天线长度和整个体积受到极大限制,从而降低了天线带宽和效率。

天线间互耦更新的高速无线协议要求使用 MIMO(多入多出)天线。MIMO 要求多根天线(通常是两根)同时工作在相同频率。因此,话机设备上需要放置多根天线,这些天线要同时工作且相互不能有影响。当两根或更多天线位置靠得很近时,就会产生一种被称为互耦的现象。

举例说明,移动平台上紧邻放置两根天线。从天线 1 辐射出来的一部分能量将被天线 2 截获,截获到的能量将在天线 2 的终端中损耗掉,无法得到利用,这可以用系统功率附加效率(PAE)的损耗来表示。根据互换性原理,这种效应在发送和接收模式中是相同的。耦合幅度反比于天线的分隔距离。对于手机实现而言,MIMO 和分集应用中工作在相同频段的的天线之间的距离可以是 1/10 波长或以下。例如,750MHz 时的自由空间波长是 400mm。当间隔很小时,比如远小于一个波长,

则耦合程度会很高。天线之间耦合的能量是无用的，只会降低数据吞吐量和电池寿命。

设备使用模型与传统手机相比，智能手机和平板电脑的使用模型有很大变化。除了正常工作外，这些设备还要满足电磁波能量吸收比(SAR)和助听器兼容性(HAC)法规要求。

使用模型的另一个方面是消费内容的类型。诸如大型多人在线角色扮演游戏(MMORPG)和实时视频数据流等视频密集型移动应用不断推动数据使用率飙升。据ABI Research 预测，从2009年到2015年，西欧和北美地区数据使用率有望分别以42%和55%的年复合增长率(CAGR)增长。这些相似的应用正在驱动制造商生产出更大尺寸、更高分辨率的显示屏。数据使用率的提高也在悄然改变消费者对这些设备的手持方式。例如，对于游戏应用来说，使用者必须用两手紧握设备两头，而其它应用程序可能根本无需用手握住设备。

越来越大的显示屏和使用者抓握方式的改变，使得为天线辐射单元找一个不被显示屏或用户手掌阻挡的好位置变得越来越困难。除了这些约束外，设备制造商希望产品系列拥有更少的SKU(最小存货单位)，而且开发出能够在全球任何地方工作的平台是此类产品的发展趋势。

解决方案

为了实现全球通用，智能手机或平板电脑必须能在各种频段和协议下工作。当然，并不要求同时所有频段和协议下工作，因此可以开发一种能调整到目标工作频段的智能天线系统。这种状态调谐式天线可被称为“智能天线”或“自适应天线”。其基本原理是，将瞬时工作频率限制为一个或两个感兴趣的窄带频段，以满足特定地区的协议要求。这样，对宽带工作的要求就降低了，允许天线被装进更为紧凑的空间，同时又不牺牲辐射效率。

有两种基本方法进行天线调谐：馈点匹配和孔径调谐。不过，有许多因素会影响到这些方法的实现决策，目前还没有一个单独的解决方案能适合每种应用。

馈点匹配馈点匹配可用于许多天线实现中，无论是可调谐还是不可调谐。匹配电路的主要功能是，在宽范围的工作条件下，实现天线终端阻抗与无线电系统其余部分阻抗(通常是 50Ω)的匹配。典型的可调谐匹配实现，使用并联或串联可变电容作为阻抗匹配电路的一部分。调整电容容量可以改变目标电路的谐振频率。

根据所需的尺寸来压缩和调谐范围，一般需要较大范围的容量变化以实现频率迁移，因此通常要求多个调谐元件和/或宽范围的调谐值。图1给出使用可变元件的天线馈点匹配电路。

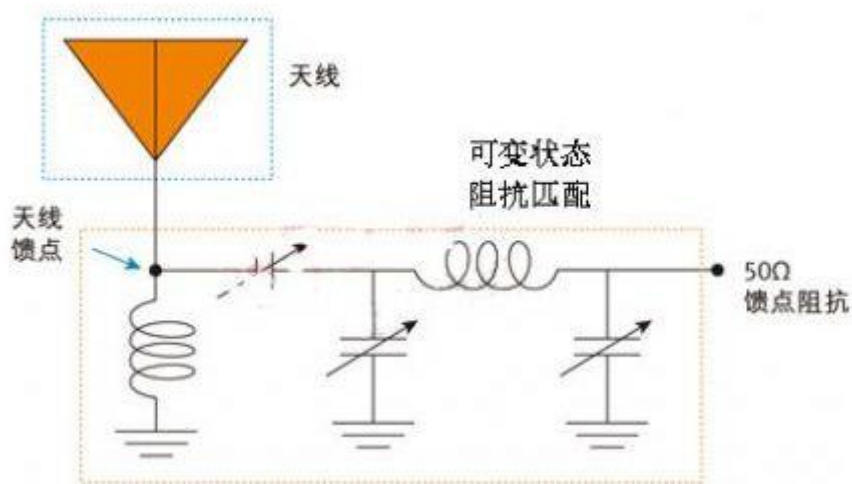


图 1: 采用可变阻抗匹配电路的固定式宽带天线

孔径调谐孔径调谐是通过改变辐射元件的谐振结构实现的。典型的实现方式是采用一个简单的开关来选择天线结构上的不同负载元件。开关负载元件会影响天线的电气长度，从而改变谐振频率。图 2 是采用固定阻抗匹配电路的可变状态、孔径调谐天线的交流电路模型。

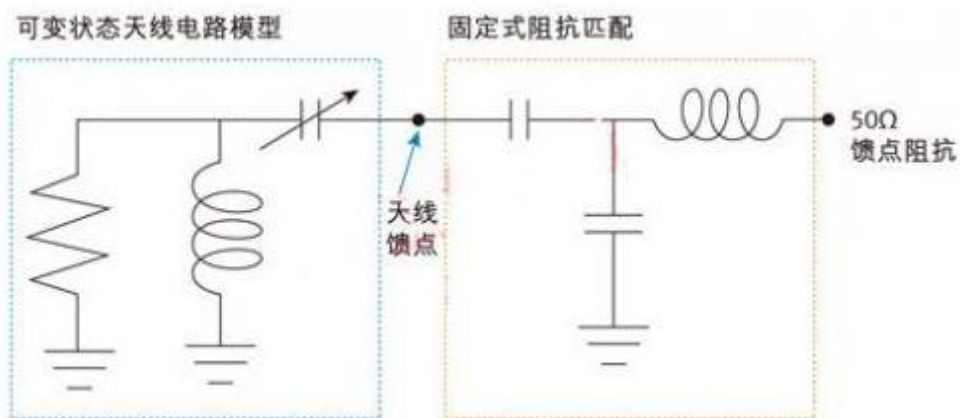


图 2: 采用固定馈点匹配电路的可变状态天线

不论是采用馈点匹配还是孔径调谐方法，如果天线同时用于发射和接收，那么调谐器件就必须能够承受最大发射功率，而且要能保持良好的性能特征。

案例说明

下面这个例子很好地说明了调谐方法在天线体积减小方面带来的好处。这里用 3D 电磁建模程序分析两种不同的天线配置：一种是宽带设计；另一种是在相同频率范围内调谐，但使用了 4 个调谐状态的窄带设计。

图 3a 显示了一个 50x6x14mm 的 7 频段天线配置，以及从 700MHz 至 960MHz 的较低三波段频谱范围内的相关辐射效率。图 3b 显示了相似的但体积更小 (50x6x7mm) 的天线配置。从图中可以看出，使用 4 个状态的调谐电路，可以产生几乎与较大的宽带天线相同的效率，以及整体频率覆盖率。

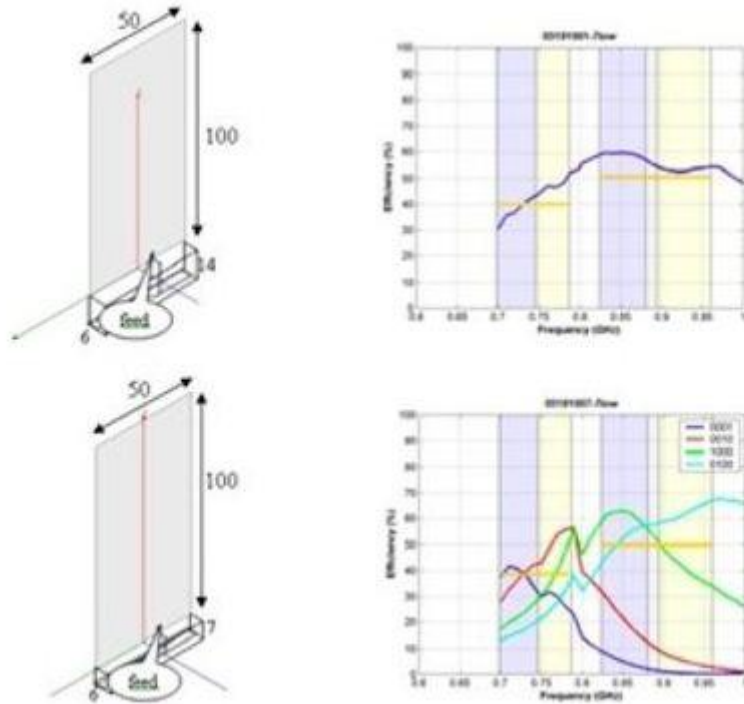


图 3：在 700MHz 至 960MHz 范围内

a) 多频段天线

b) 调谐天线的体积和辐射效率的比较(天线尺寸单位：mm)。

从图 3 示例可以清楚看到，通过将天线调谐到某一种状态，每个状态支持特定的一组频段，就可以实现天线物理体积的减半。在天线工作时，如要改变工作频段，只需改变状态即可。但这种改变所需的时间必须与无线电系统中其它功能的要求相一致。典型要求是 10ms 至 20ms 或更短时间。

互耦效应同时工作在相同频率的相邻天线间会产生互耦效应，这可以通过隔离技术加以减轻。最常用的技术是在物理上将天线彼此分开。随着间隔距离的增加，互耦效应将随之减弱。不过，对于手持设备来说，很难提供足够的间距来减弱互耦效应。在这种情况下，系统设计人员需要采用其它不同的天线解决方案来达到规范要求的性能指标。

还有一种可行的解决方案，使用 SkyCross 公司提供的隔离模式天线技术 (iMAT)，从相同的天线结构产生两种不同的模式。iMAT 天线结构放置在手机的一端；两个馈点分别运行不同的辐射模式。这两个馈点是相互隔离的，不会发生互耦导致的损耗，因此每种模式的效率都很高。另外，辐射图案是不同的，因此

会产生一个较低的相关系数。图 4 描述了 iMAT 天线的实现原理，从图中可以看到，在相同天线结构上的两个馈点之间的隔离。

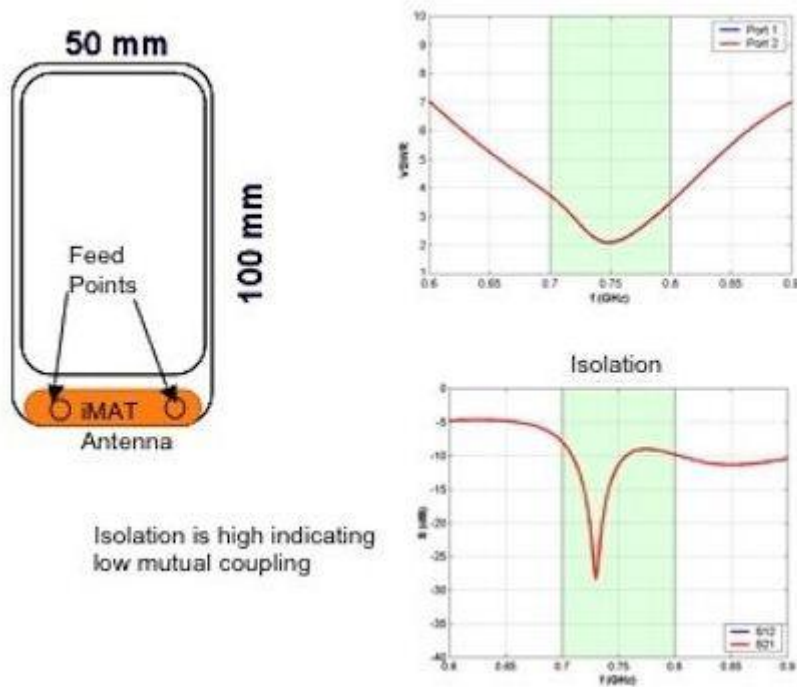


图 4、iMAT 天线实现原理

使用模型

为了缓解各种使用模型的影响，有必要将状态调谐和模式隔离两种方法结合运用。模式隔离允许具有多个馈点的单天线结构执行多个 MIMO 天线的功能；而状态调谐则允许这种结构非常小，但仍然能够非常高效地在宽频率范围内工作。图 5 显示了以 6 个调谐状态覆盖多个频段的可变状态 iMAT 天线结构的平均测量效率。iMAT 结构能在平衡或不平衡的增益配置下工作，并且与传统天线设计技术相比，能以更小的封装提供更高的性能。

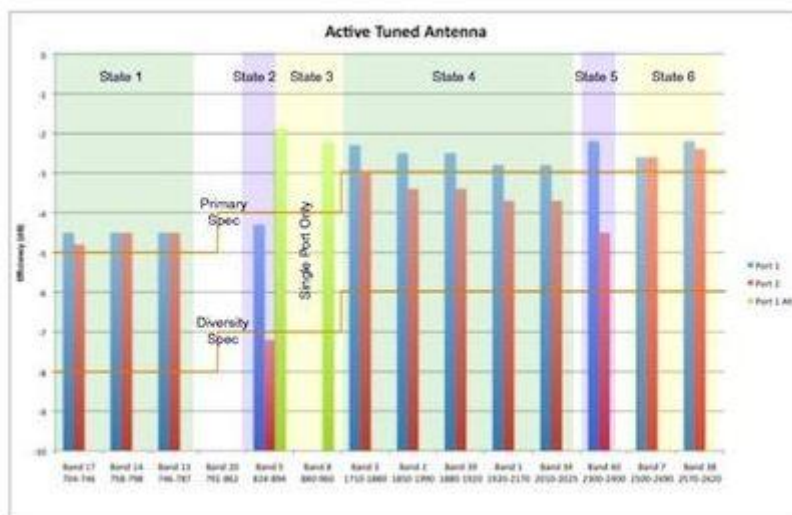


图 5: 覆盖所有 3G/ 4G 应用, 且具有两个 MIMO 天线端口的状态调谐式 iMAT 结构

对于复杂的智能手机和平板电脑设备, 要实现高效天线系统, 就必须克服巨大挑战。新兴的 LTE 和其它 4G 网络覆盖了 700MHz 至 2700MHz 的不同频段。这些新的频率将增加到传统 3G 频段中, 以满足全球移动漫游和兼容性要求。

先进的无线网络通过在用户设备中使用 MIMO 来提高数据吞吐量。此外, 诸如在线游戏和视频流等数据密集型应用正在催生更大的显示器和种类广泛的使用模型。这也给系统设计人员带来更多难题, 例如要在设备上找到足够空间来实现多频段多天线系统。幸运的是, 状态调谐和 iMAT 等先进的天线设计技术可以帮助设计人员从容应对上述挑战, 灵活实现外观时尚、功能丰富的移动设备, 并提供真正的 4G 网络性能。