

4G 背后的驱动力和技术变革

1. 引言：“G” 主题变奏曲

从最初的调频无线电话，也就是俗称的大哥大，到现在几乎人手一台的智能手机或者平板电脑，每当手中的通信设备更新换代之时，用户对移动网络又提出了新的要求。从最初的通话，收发短信，演变到后来的彩信，以及现在由智能手机带来的各种强大操作应用，全球用户对移动网络不断升级的渴望促使它一次又一次迈入了一个新的时代。

回顾过去，直到 20 世纪 70 年代初，美国电话电报公司(AT&T)的贝尔实验室才提出蜂窝电话网络的概念，但在过去 40 年内，这一技术却呈几何级数的增长。随着移动技术逐步融入人们的日常生活，该技术在很大程度上受到了用户需求的推动而不断演进。

近年来，随着智能手机在全球范围内的日益普及，运营商们再次面临着开发全新网络协议的挑战，以便扩大覆盖范围、增加容量及提高服务质量。像苹果 iPhone 各代产品的推出，在全球几乎所有市场内引发了人们对于网络需求的峰值，促使网络架构师们努力争取更多宽带及容量和效率。

这一发展直接导致了 4G 服务目前在全球的亮相。4G 是第四代移动通信及其技术的简称。4GLTE 系统能够以 100Mbps 的速度下载，比拨号上网快 50 倍，上传的速度也能达到 50Mbps，并能够满足几乎所有用户对于无线服务的要求。很明显，4G 有着不可比拟的优越性。运营商们已开始关注利用 LTE-Advanced (LTE v12) 网络扩展自身的能力，显而易见，数据目前已成为许多手机用户的优先事项。而值得注意的是，4G 移动网络就是主要针对数据设计的首项技术。

2. 无线网络演进背后的三大驱动力

比尔·盖茨(BillGates)曾经说过一句话（也可能是别人杜撰的），“640K（内存）对所有人来说都应该够用了”。这一示例充分说明了准确预测技术发展前景的难度，移动网络的演进也不例外。

在康普看来，尽管移动网络的演进难以预测，但对于即将到来的 4G 或者是未来的 5G 甚至更远的发展，仍然可以通过对其发展背后的驱动力和相关技术进行分析，或许还能从此前的发展历程中吸取经验教训。

用户需求

用户需求将持续成为网络演进的主要驱动因素，与此同时，更为精密的移动设备的出现也是因素之一。

用户数据需求的持续增加永远无法被忽视。因特网用户的数量预计将在 2015 年前达到 27 亿人，占世界总人口超过 40%。[i]随着数据服务在最终用户日常生活中的重要性日益提高，以及视频和手机游戏等高带宽应用受欢迎程度的日益提高，运营商们必将着眼于发展能为用户提供支持的相关网络。

部署新服务可以开辟新的收入流，有助于改善运营商的平均每位用户收入 (ARPU)。许多消费者都愿意为出色的数据体验支付额外费用。埃森哲 (Accenture) 最近开展的一项市场调研的结果也显示，目前有 69% 的因特网访问量都是通过移动设备进行的。运营商对新服务商业的需求将持续推动未来网络的发展，例如它们会向用户提供直接到手机的相关活动，如足球赛或音乐会的现场直播服务，如果用户选择欣赏，它们可以收取一次性费用。

很明显，随着高清显示屏、统一通信和视频会议的出现，新移动设备将推动网络提供带宽更高的内容。与此同时，手机钱包服务等其他项目也将成为手机设备不可分割的组成部分，这可能产生对新网络协议以及安全措施等不可预测的需求。

机器的崛起

从历史角度来看，用户需求是始终推动移动运营商提供更高容量和更广覆盖范围的网络的驱动力。然而，这一情况马上就要发生变化了，因为未来移动网络面临的巨大压力是来自机器对机器通信 (M2M) 的压力。

这一技术趋势在发展过程中曾使用过很多名称，有些人将其称为 M2M，而有些人将其称为“嵌入式”或“联网式”设备以及“物联网”。无论其专门用语如何，这一技术的功能都是相同的，即允许各种设备共享数据，而无需人为干预。目前，这一技术还可用于将任何类型的远程机器或设备连接至关键信息系统，并收集现场实时信息，从而提高效率，降低成本，推出新服务并获得竞争优势。此外，公用事业仪表、标记、照相机、远程传感器、笔记本电脑和家用电器等丰富多样的设备也可以连接起来，为各种新用途提供支持并提高效率。

尽管单个联网设备本身并不能够传输大量数据，但长期看来，每个用户却可能拥有数十甚至数百台联网设备。过去一年来，欧洲市场上联网设备的数量飙升了 60%，Gartner 也认为 M2M 市场将维持每年 30-40% 的增速，这在很大程度上正是由于 M2M 的崛起，移动数据流量预计将在 2011-2016 年间增加十倍。

因此，新一代移动网络不仅仅需要根据更大的容量需求进行调整，而且还必须解决多用户环境的问题。新一代网络必须支持用户要求的各种服务，而且还必须满足 M2M 以及联网设备产生的“大数据”的需求。其面临的至关重要的挑战是在无处不在的网络中排好不同类型流量的优先次序，例如人到人、人到机器、机器到机器、应急传输等等。

今后 10 年内，随着各种组织逐渐意识到 M2M 在收入流和客户满意度提高方面蕴含的未知潜力，我们预计 M2M 应用领域将出现重大突破。电力公司已经开始推广智能电表，它们可以向中央数据库发送有关家用和商用电量消耗的实时信息。同样，汽车公司也正在推广联网汽车，为车辆监控和救援、事故通知及定位等服务提供支持。然而，这些设备的推广还只是开始。等完成这些设备的全面部署后，它们的潜能才得到充分发挥。例如，万能智能电表可以让电力公司根据需求智能匹配发电量，在降低成本和提高效率的同时改善相关服务，这就产生了“智能电网”。

在今后十年内，单个行业中发生的此类革命将日益常见，而且可能被视为规模更大的“智慧城市”变迁的组成部分。从本质上而言，这一术语预示着智能信息与通信技术的融合，旨在提高各种城市系统和服务的效率和效能。代表性技术在未来将强化城市智能和城市连通性，包括智能电表、传感器网络、光缆和无线通信网络、以及能够为城市服务提供数据分析的软件以及大量其他硬件和软件组件。这将对移动网络产生巨大影响。据预测，对智慧城市技术基础设施的投资总额将在 2010-2020 年间达到 1080 亿美元。

那么，为满足用户、M2M 和大数据的需求，网络中将出现哪些技术？

3. 五大技术革新

提高频谱灵敏性的技术

从历史角度来看，每一代移动网络都会被指定一个新频段以及每频道更宽的频谱带宽。然而，在 4G 网络推出后，目前新频段以及更大的频道带宽已经几乎没有空间。由于频谱的不足，我们认为提高频谱的灵敏性将在未来的网络发展中发挥重要作用。换句话说，即通过网络智能调整，利用免费或低成本频谱的网络，软件层负责对网络硬件进行控制，积极将传输频率切换至最宽松的频谱。这将使得运营商能够确保用户获得尽可能最快的上传/下载速度，即使在拥挤不堪的城市环境中也毫不逊色。

MIMO 多输入多输出技术

MIMO（多输入多输出）技术将成为提高 LTE 及更先进网络蜂窝站点的频谱效率的一个至关重要的工具。通过使用蜂窝站点以及用户手机上的多个天线，MIMO 可以提高容量以及其他方面的网络性能。为了双向收发信号，基站天线常常使用双极化阵列。运营商们目前正在评估再添加一个双极化阵列、从而确保四向收发信号甚至长期八向收发信号的相关增益。

MIMO 可在不增加带宽或传输功率的情况下，显著提升数据吞吐量和链路范围。两股不同的信息流将使用两个单独的天线或相同天线的两个不同极化，在相同的无线电波道上传输，旨在提高频谱效率（每赫兹带宽每秒比特数的增加）。

在通过两个天线传输相同信息流的情况下，相同的技术也可用于提高链路可靠性，创建可以应对衰减或其他类型干扰的分集路径。

远程射频拉远技术的部署

第一代网络的架构是将基站放在机房内，因而是被置于一个受到保护的环境中。远程射频拉远技术 (RRH) 的发展是其中一项重大的技术进步，它使得射频头与基带相分离，而且能够提供显著的部署灵活性。

RRH 有诸多安装方式，但靠近实际的基站天线安装更有助于减少系统的损耗，而且提高信号强度成为可能。但为此需要付出的代价是：由于天线总是位于站点的最高点，鉴于现场严苛的环境以及站点维护和在塔顶进行维修的费用，靠近安装的 RRH 本身会带来新的风险。此外，为了承受更重的重量及风阻，可能还需要对许多站点进行重新设计。这可能会导致租赁费等某些运营费用的增加。

目前业内出现的一个发展趋势是：将 RRH 和基站天线集成至统一的物理实体。这一距离上的优势可以减少损耗，产生更高的效率，显著节省电力、空间并降低风阻。然而，尽管部署更灵活的综合性解决方案具有潜在的收益，但他们的维护要求通常也更为复杂。万一发生硬件故障，就更有可能发生时间更长的网络停机。例如，如果某集成式天线中的无线电设备失灵，运营商就必须先从塔架上拆下整个组件，然后才能进行维修。而在传统塔架上，运营商无需处理天线，只要把无线电设备拆走并进行维修即可。

站点获取和小基站

从移动网络开始发展至今，站点获取一直是运营商们面对的一个主要问题。考虑到城市环境以及发射塔能够提供的空间比较有限，这一问题有可能还要持续下去。“小基站”已经成为业内频繁使用、但却也经常被误解的一个术语。它的基本原则很简单。但显而易见的是，网络容量需求将超出当前的架构限制，而且需要采取新方法。仅仅添加更多蜂窝的做法已经达到了饱和状态，因此需要新创意。因此，我们预计今后蜂窝站点的组件将出现更小、集成水平更高的趋势，以便部署更能创收的设备。

提高信噪比——香农定律 (Shannon)

从移动网络的所有技术发展可以看出，可能保持恒定不变的因素只有一个——提高信噪比 (SNR)，较高的信噪比可以确保提供稳健的数据服务。过去十年来，这一比率的重要性日益增加，全球范围内对移动数据的偏好也没有减弱的迹象。

香农定律描述了任何系统实现其最大理论容量可能受到的限制，其原因在于系统存在噪声或干扰。今天 3G、LTE 和 LTEAdvanced 网络使用的最新无线电技术被成为“噪声受限系统”，如果说射频路径没有噪声限制的话，它们就可以实现最大容量。

实际上，这一考量确实非常重要，来自市场研究公司 RysavyResearch 的彼得·瑞塞维 (Peter Rysavy) 早在 2005 年首批在其公开发表的其中一篇技术论文中，就对此进行了很好的总结：“未来技术进步的焦点应放在改善系统性能方面，此类改善工作应能够改进系统中的精密信噪比，或实现其最大化。”在这一点上，运营商必须专注于通过新技术、精雕细琢的传输方式以及网络优化等手段，确保射频路径拥有高信噪比。我们可以确信的一件事是，对于移动网络来说，今后的市场将更复杂，空域也会更拥挤；下一代或今后的网络如果想取得成功，稳健且经过精心设计的基础设施的作用将至为重要。