

# 异构网络

## 以最高效的方式满足用户对移动宽带的期望

随着网络社会逐渐成形，提供卓越的用户体验已成为运营商的第一要务。智能手机、平板电脑以及其它联网设备上常见的各种带宽饥渴型应用正在大幅推高数据流量。运营商的商机源于人、企业和社会，并取决于他们所使用的设备、移动宽带连接和高性能网络。通常被称为“hetnet”的异构网络，加上旨在改进现有移动宽带网络并提高其密度的努力，以及增加小型小区，这些对于满足用户日益增高的期望都非常重要。

# 前言

手机、平板电脑等联网设备的日益普及正在迅速推高移动宽带流量。随着人们越来越依赖于移动应用、视频内容和云服务以及随时随地的联网，用户对移动宽带的期望也在不断升高。客户希望能够随时随地获得一致的、高质量、无缝的移动宽带体验。

对于那些希望在“网络社会”中取得成功的运营商而言，满足客户的上述期望是重中之重。在网络社会中，任何能够受益于联网的事物都将联网。为了提供卓越的移动宽带体验，网络需要足够的容量和覆盖范围，以便能以很低的时延提供较高的数据吞吐量。其中一种方法就是部署通常被称为“hetnet”的异构网络。

为使网络能够应对迅速飙升的流量需求，运营商应采用一种最佳方式改进现有的移动宽带网络，提高其密度，并增加小型小区。运营商如何、何时和在何处迁移至异构网络将取决于他们的移动宽带业务和现有网络，同时也取决于范围更广的各种市场、技术和经济因素。四海皆准的法则并不存在，我们需要采用以一种成本效益和频谱效率最高的前瞻方式灵活地满足客户的期望。

# 移动宽带挑战

全球范围智能手机的普及势头依然强劲。2011年，全球售出的约三分之一的手机是智能手机，而这一数字在2010年约为五分之一[1]。全球约有10%的移动用户正在使用智能手机，因此，智能手机的普及空间依然很大[1]。全球平板电脑的出货量有望从2010年的1800万台飙升至2015年的3.26亿台[2]。

用户不仅使用这些联网设备访问互联网，而且使用它们获取各种应用和云服务，其中包括视频和其它带宽密集型内容。

鉴于上述发展趋势，据预测，全球范围智能手机所产生的数据流量在2011年增长了三倍[3]，所有移动设备所产生的数据流量增长了两倍[3]。目前，一个智能手机用户每月平均产生500MB左右的数据流量[1]——而且该数字还在不断攀升。到2016年，移动数据流量有望增长十倍[3]。

## 采用端到端方式提供高质量的用户体验

用户越来越注重连接速度、数据速率、网络覆盖以及移动宽带服务的可用性。为了保持用户的满意度，运营商必须提供一致、高质量、无缝的移动宽带体验，以满足甚至超出用户的期望。如图1所示，确保用户满意度需要提高数据业务的总体性能和小区边缘性能，尤其是在室内，因为当今70%左右的数据流量源于室内。

数据速率

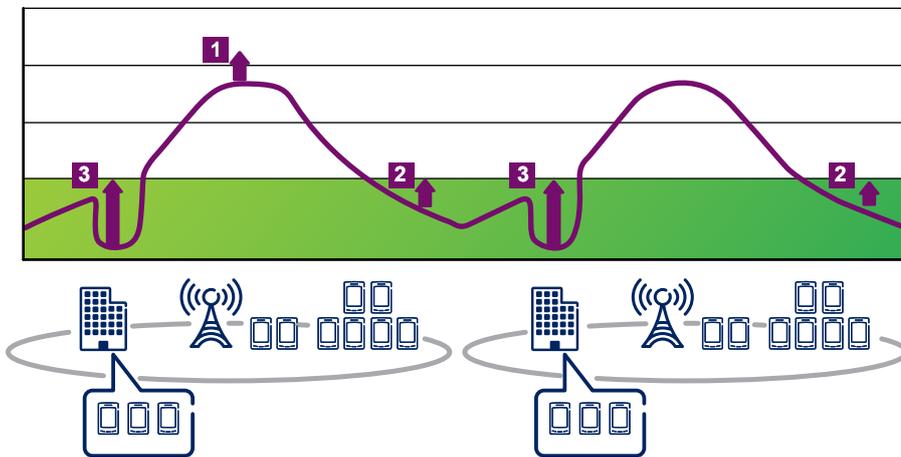


图1：一种用于提供一致的用户体验的综合方法。该方法总结如下：1) 改进：提高小区站点的总体性能；2) 提高密度：提高小区边缘的数据速率；3) 增加：提高室内数据速率。

注：本文档以英语制作并于2012年2月首次发布，参考时请以英语原始版本为准。

虽然宏小区在大多数情况下被证明具备经济高效性，但在诸如以下的情况下，满足移动宽带需求越发具有挑战性：

- 大型室外热点，如流量需求较大的城市广场、商业街等；密度本已很高的宏小区网络——干扰较大的区域；
- 大型、孤立的室内热点，如室外宏小区网络难以覆盖的企业和酒店；
- 大型室内热点，如移动通信需求和干扰较大的购物商场、机场和地铁站等；
- 本地室内热点和微小的覆盖盲点，如对传统蜂窝网络的部署和成本结构构成挑战的小型办公室、餐馆、零售店等；

在上述每一个场景中，利用小型小区补充宏小区的异构网络有助于满足用户对移动宽带日益增长的需求。尽管如此，为了实现这一目标，我们仍需克服众多挑战。

## 回传挑战

利用小型小区补充改进和密度增加后的宏小区将导致无线节点的增加。因此，回传变得更加重要。回传性能不仅影响用户可用的数据吞吐量，而且还影响无线接入网的总体性能。高性能、低时延的回传解决方案可增强节点之间的协调，进而更加高效地利用可用频谱。

拥有大量（小型）小区站点的网络需要能够利用包括微波、光纤、铜线、无线连接在内的各种物理传输介质的回传解决方案。运营商必须在以下两个选择之间进行取舍：1）利用现有网络资源（也许不一定是在所需位置）；2）通过投资部署回传解决方案提升网络的总体性能。这一决策也会影响部署成本以及站点的获取和安装时间。

## 站点挑战

为了充分发挥无线频谱的价值，运营商需要灵活的、可将无线站点安装在理想位置的基站站点解决方案。

运营商可能需要与政府、零售商、外部机构等新的合作伙伴加强联络（而不是通过与业主和铁塔审批委员会进行传统的交易），考虑各种站点选址方案。

在大都市地区，通过在街道增加小型小区补充本已密集的宏小区网络需要使用小型天线，以便隐藏设备。

## 可扩展性挑战

部署大量小型无线基站将改变移动网络部署的成本。规划、安置和配置一个传统宏小区站点所需的时间和成本难以证明仅能服务有限数量用户的小型小区的正当性。整体规划和分阶段迁移将帮助运营商扩展某个给定的网络区域。

从无线网络的角度而言，除非经过精心设计，由多个网络层和各种无线技术构成的复杂的异构网络很容易失去可管理性。在一个小区规模各异的网络中，相邻小区关系的数量有可能大幅增加，手动处理小区标识和相邻小区列表的工作将耗费大量的人力和成本。从一种无线接入技术无缝迁移至另一种技术（以便维持最大的网络覆盖率和资源利用率），需要宏小区与小型小区之间以及各种无线接入技术之间的有效互通。

注：本文档以英语制作并于2012年2月首次发布，参考时请以英语原始版本为准。

管理大量新节点的接入以及为流量和信令数据的鉴权和加密提供认证信息，对于确保系统和用户数据的安全非常重要。

## 频谱挑战

对于大多数运营商而言，无线频谱是一种有限资源，也是最具战略意义和最重要的投资。因此，运营商自然需要尽可能地高效利用频谱资源，尤其是在人口稠密地区。此外，运营商还需要寻求扩展无线频谱可用性的新方法，例如利用无牌照或免牌照的频谱部署Wi-Fi。

异构网络的性能在很大程度上取决于射频协调程度。如果底部的小型小区层不协调，则需要对频谱进行划分，以避免干扰，这将导致无线频谱利用率的降低以及可实现的用户比特率的直接损失。

通过使用协调嵌入式小区，频谱可以在宏小区和小型小区两个底层都得到充分复用。这意味着，可以利用一半频谱提供相同的服务，这是因为可实现的用户比特率与频谱带宽成正比。协调嵌入式小区还能增加网络容量，因此，只需要30-50%的小型小区就能提供相同的网络总流量，并将那些受到传输能力或干扰限制的设备的用户比特率提升2到10倍（数据来源：爱立信）。协调嵌入式小区的性能基于各个网络层中高效的频谱复用以及射频协调功能。

因此，从协调和互通的角度而言，单一厂商异构网络解决方案比较合理：可节省频谱，而且由于能够降低基础设施（更少的小区数量）、部署、运营和维护成本，此类解决方案还能将小型小区层的总体拥有成本降低至少50%（数据来源：爱立信）。

# 做出正确的异构网络选择

以最有效的方式设计一个异构网络包括改进和增加移动宽带基础设施，并提高其密度：

- **改进现有宏小区站点：**利用更多频谱和更为先进的天线改进宏小区，以增加接收机和/或发射机的分集阶数，并提高节点内部和节点之间的基带处理能力。HSPA和LTE技术的持续发展将通过高阶调制、高级扇区划分、多载频和多天线技术等专用特性以及基于混合射频解决方案的频谱重整技术提升宏小区网络的效率。通过这种方式提升容量和数据速率不需要增加新站点。
- **提高宏小区网络的密度：**仅通过改进宏小区网络所增加的容量和数据速率最终将不足以满足需求。在具有战略意义的区域定向增加小型小区可以提高容量。这种方法可以将站点的总数维持在一个相对较低的水平，同时也能减少网络性能受流量位置的影响。提高网络密度的一种简单方法是分割小区，可以将一个三扇区站点分割为一个六扇区站点。这些具有战略意义的小区可以使用宏小区设备，甚至微小区设备。
- **增加小型小区：**利用小型小区和基于3GPP标准的专用室内解决方案补充宏小区。该方法可以包括使用微小区、微微小区或低功率的射频拉远单元（RRUS）和Wi-Fi。它可以在小型小区覆盖的区域提供较高的单位用户容量和数据速率，也能通过分流热点区域的流量提高宏小区网络的性能。异构网络中的整合程度将决定网络的总体性能。

如图2所示，关键是要找出正确的组合。换句话说，在何处改进宏小区、提高宏小区网络的密度和增加小型小区，以满足未来的容量和覆盖需求。如何和何时使用这些方法取决于现有网络（宏小区站点的密度）、回传解决方案的可用性（自有或租赁）、频谱的可用性（有牌照或无牌照）、所估算的流量、所要求的数据速率以及每种方法的技术和经济可行性。

数据速率

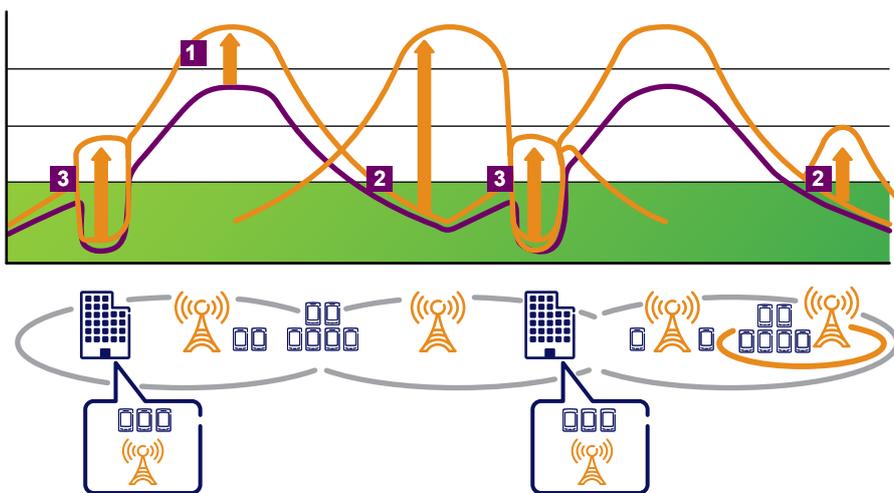


图2：一种用于最大程度提升异构网络性能的综合方法：1) 改进：提高小区站点的总体性能；2) 提高密度：提高小区边缘的数据速率；3) 增加：提高室内数据速率。

注：本档以英语制作并于2012年2月首次发布，参考时请以英语原始版本为准。

## 小区协调

在一个异构网络中，宏小区与小型小区之间的协调可提升无线网络的性能，进而增强用户体验。协调嵌入式小型小区可通过频谱复用提升网络性能，从而增加网络的数据容量和吞吐量，而且不需要分割可用频谱。在同一个基带提供的多个射频之间使用一条专用的高带宽、低时延链路可以实现最大的协调效果。

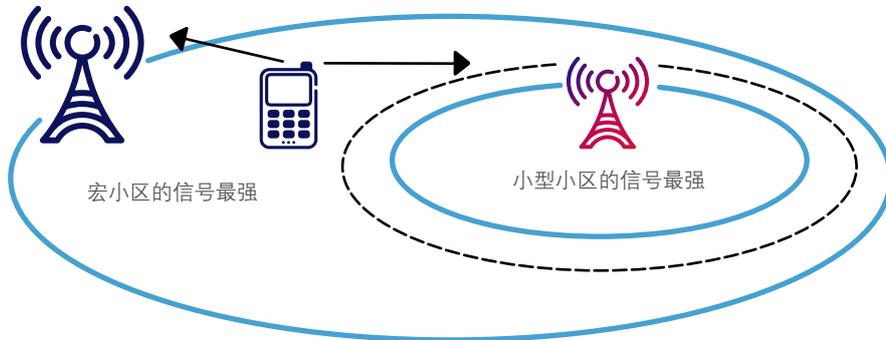


图3：异构网络中的小区选择

宏小区与小型小区之间的协调可实现紧密的小区选择配合，尤其是在宏小区的下行信号最强和小型小区的上行信号最强的区域，即图3中虚线中的区域。

在这个不平衡区域，宏小区的下行信号最强，因为它以较高的功率发射信号，而微微小区的上行信号更强，因为它更近。在这种情况下，宏小区与微微小区之间协调处理联合发射与接收等功能（如WCDMA中的软切换）可为用户提供明显高于独立、未协调的宏小区和小型小区层所能实现的速度。

## 高性能回传解决方案

如有可能，异构网络中的各种基站解决方案应不受回传解决方案的限制。所能实现的协调水平将影响频谱效率，进而决定用户的体验质量。为了提高协调水平，搭建一个高性能的无线接入网，回传链路应具备快速、低时延和时延变化小的特点。

为了部署可扩展、经济高效的小型小区解决方案，并在给定地点实现无线网络性能和覆盖率之间的平衡，需要更加紧密地整合无线接入网和回传解决方案。

高性能回传技术的例子包括基于Ethernet的视线（LOS）微波技术和光纤。

尽管如此，在所选站点部署高性能回传解决方案并非总是可行。根据给定站点所拥有的回传资源以及上市时间和成本要求，非/近LOS（NLOS）微波、点对多点光纤、DSL等回传技术将在异构网络中发挥一定作用[4]。

为了支持多标准无线网络的部署，例如，当WCDMA、LTE和Wi-Fi流量共享回传链路时，所选解决方案应确保QoS。该QoS应与无线网络解决方案提供的QoS保持一致，以便能让运营商在回传过载或链路退化时控制系统性能。

## 站点选项

部署室外异构网络时，复用现有的站点基础设施、充分发挥站点获取合同的价值应是运营商的优先考虑事项，同时还应部署可降低小区站点维护成本的各种技术和自动化解决方案。此外，与物业公司等合作伙伴建立良好的业务关系还能获得更大利益。

注：本文档以英语制作并于2012年2月首次发布，参考时请以英语原始版本为准。

部署小型小区用以补充宏小区时，需要对网络进行精心规划，以便将小区总数降至最低，从而降低总体拥有成本，确保提供可靠、无缝的服务。

在室内站点部署小型小区便于管理基础设施和干扰问题。异构网络还能与Wi-Fi平滑整合。与家庭基站相比，Wi-Fi在为企业和住宅用户提供移动宽带覆盖方面更具成本效益。

在为缺乏良好的宏小区覆盖的少数家庭提供网络覆盖方面，部署家庭基站是一种代价高昂和复杂的方法。由于不能与宏小区网络完全整合，复用宏小区载频的家庭基站有可能产生干扰，从而影响整个网络的用户体验。如果通过分割频谱（使用一个针对这些小区的专用载频）来解决干扰问题，则会降低网络的总容量，这样也会影响用户体验。在这种情况下，Wi-Fi是一种更好的选择，因为它可以承载数据业务，而当今的智能手机均支持Wi-Fi。此外，Wi-Fi还拥有单独、无牌照或免牌照频谱，可让运营商避免家庭基站带来的干扰或频谱分割问题。

在异构网络中部署小型小区为运营商提出了又一个挑战——可扩展性。运营商应考虑采用新的部署和管理方法，以避免站点重叠陷阱控制成本，而后者与站点的数量有直接关系。精细的规划、针对停机小区的有计划的网络补偿、用于管理设备规划、部署和更换工作的新型合作伙伴关系是这种不断变化的经营模式的一些新特点。

运营商将需要部署各种射频解决方案，用以支持多标准、高能效的创新型运营模式，并提供用于持续优化的自动化功能。安装一个小型小区站点应与安装一个Wi-Fi接入点一样简单易行。

## 自组织网络

通过部署自组织网络（SON）技术可以降低异构网络的运营成本，并减少其中的节点数量和类型。利用SON功能实现某些网络规划、配置和优化流程的自动化能够起到事半功倍的效果，并能最大程度减少（甚至彻底消除）人工干预。运用SON技术可大幅缩短无线基站的指配时间，并简化集成、配置和调整工作，从而帮助运营商利用一个自动化流程经济高效地实现可扩展性，确保大多数无线和回传配置都能自动完成。

优化功能并不局限于网元的配置阶段。运营商可以在网络正常运行期间应用这些功能，通过不断调整配置参数适应无线网络中的各种变化。通过优化配置参数适应流量变化的方法有很多种，它们可以跨越LTE、WCDMA和GSM无线接入技术，从而减少网络的复杂性。另一个白皮书中详细描述了这些方法[5]。

# 异构网络实践

部署异构网络没有放之四海皆准的法则，而应采用一种灵活的方法最大程度提高容量、覆盖率和频谱效率。

如何提高覆盖率和容量取决于：

- 现有的无线接入和回传基础设施；
- 站点的可用性；
- 与干扰和移动性有关的无线环境；
- 无线频谱的可用性；
- 上市时间方面的考虑。

以下例子描述了如何针对各种典型的大容量场景有效设计无线接入网。

## 城市街道

城市街道场景包含一个室外热点（如一个公交车站）和一个室内热点（如一家咖啡馆），两个热点都需要更好的移动宽带覆盖和更高的容量，尤其是在高峰时段，但也有流量需求较低的时候。咖啡馆很小，并与室外宏小区网络隔离，因此一个输出功率较低的无线解决方案（如Wi-Fi或微微型基站）就足以满足覆盖和容量需求。

通过与业主开展合作，运营商部署了一个多标准微微型无线基站，用于为所有类型的设备（包括智能手机、平板电脑和笔记本电脑）提供充足的数据容量和语音业务。为最大程度降低成本，无线基站通过一条现有的DSL线路连接无线接入网，而这条线路是该站点处的可用回传链路。该解决方案建成了一个成本较低、易于部署的站点。

在室外的街道区域，运营商部署了一个微型无线基站，用以减轻宏小区的负担。输出功率略高的微型基站能够克服宏小区的室外干扰，并为周边建筑提供更好的室内覆盖。该无线基站通过一条LOS微波链路连接宏小区，如有必要，可以使用一个级联的微型RRU沿街扩展网络覆盖范围。如果附近有一个公交车站或室外咖啡馆等其它较小的热点，运营商可以将Wi-Fi整合到微型和微微型基站中，以便为静态用户进一步提升网络性能。

## 火车站

在购物商场、火车站等大型、开阔的室内热点区域，用户通常会通过移动宽带使用通信服务。这些区域一般都有很高的容量需求，而且人流量和干扰也很大。目前，分布式天线系统（DAS）和Wi-Fi是针对这些公共环境的主流解决方案。

虽然DAS系统能够为大型热点有效提供移动宽带覆盖，但它们经常会出现过载，而且很难通过升级增加容量。从此类解决方案迁移至较小的基站和较小（分割）的DAS系统是一个明显的趋势。随着WCDMA、LTE等受益于多天线技术（MIMO）的移动宽带技术的不断发展，这一趋势得到进一步增强，并进而改进了新设备的部署。

在火车站场景中，运营商可以部署一个中央基带解决方案，该解决方案由一个中央无线基站（主单元）和多个紧密协调的多标准微型RRU构成。此类解决方案具备前瞻性，因为它不仅支持向LTE的迁移，而且支持高级射频协调功能。运营商还可以在候车室、咖啡厅等用户停留时间较长的区域部署Wi-Fi，并在流量需求较低的区域部署本地DAS解决方案。

注：本文档以英语制作并于2012年2月首次发布，参考时请以英语原始版本为准。

## 高层建筑

高层建筑等大型、孤立的热点需要低功率、无需太多协调的无线网络覆盖，因为地板和墙面能够降低干扰。

为此类环境提供网络覆盖和容量时，运营商可以安装一个无线基站主单元，在地下室安装一个微型网关，并使用光纤和铜线连接多个RRU和微型无线基站（大概每三层楼安装一个），后者又向本地DAS系统馈电，可根据需要扩展覆盖范围。

为补充RRU的覆盖，可以部署微型无线基站和Wi-Fi，用以覆盖所选热点。

## 小型办公室

与很多本地室内热点的情况相同，在小型办公室环境中部署DAS解决方案并不具备成本效益。一个支持WCDMA、LTE和Wi-Fi、与宏小区无线接入网完美整合的多标准无线基站是一个理想的室内解决方案。只需一个基站，该解决方案就能为区域内大量高度活跃的智能手机用户提供无缝的网络接入服务。这种方式可以让用户在本地享受优质服务，而且运营商也能通过大幅减轻室外宏小区网络的负担提升网络的总体性能。

## 城市广场

城市广场等大型室外热点具有很高的容量需求，而且人流量和干扰也很大。在此类环境中，提升网络容量的一种有效方法就是改进宏小区层，并提高其密度。此外，在流量需求很高的区域，可能需要部署与宏小区层紧密协调的街道级微小区和Wi-Fi。

从屋顶的宏小区层开始，运营商在屋顶之下部署了一个小型宏小区，用于覆盖广场。该小型宏小区采用一个内置天线（AIR）射频解决方案，它足够小巧，可以安装在邻近的建筑物上。

为了提供街道级容量，运营商使用了一个微型无线基站补充宏小区，并利用LOS微波线路和一个微型RRU解决方案提供回传功能。由于微型RRU和主单元之间需要实现有效协调，基于光纤的CPRI链路被用于实现此目的。为了发挥街道级站点的全部价值，运营商还增加了Wi-Fi。

# 结束语

“网络社会”中的移动宽带流量和用户期望都很高。运营商需要提供足够的无线网络容量和覆盖才能确保一致、高质量的用户体验。

一个基于单一厂商、3GPP标准和协调无线网络、并内置Wi-Fi、高级流量管理功能和高性能回传解决方案的异构网络有助于提供一致、高质量、无缝的移动宽带体验。在正确的时间做出正确的技术选择是实现平滑扩容和最高效率的关键。

成功的运营商将会利用其成熟的3GPP基础设施和终端设备群，同时通过改进和增加宏小区基础设施、提高其密度满足迅速飙升的流量需求。爱立信提供大容量异构网络，为高效部署和管理高密度无线接入网铺平了道路。

# 参考资料

1. Ericsson, Fourth Quarter Report, January 2012,  
<http://hugin.info/1061/R/1579912/493212.pdf>
2. Gartner, Gartner Identifies Top 10 Commercial Business Applications for Tablet Devices, November 15, 2011, <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1849621>
3. Ericsson, Traffic and Market Data Report, November 2011,  
<http://hugin.info/1061/R/1561267/483187.pdf>
4. Ericsson, Backhaul for Heterogeneous Networks, white paper, February 2012,  
<http://www.ericsson.com/res/docs/whitepapers/WP-Heterogeneous-Networks-Backhaul.pdf>
5. Ericsson, Self-Organizing Networks, white paper, February 2012,  
<http://www.ericsson.com/res/docs/whitepapers/WP-Self-Organizing-Networks.pdf>
6. Landström, S., Furuskär, A., Johansson, K., Falconetti, L., Kronstedt, F., (2011) “Heterogeneous Networks – increasing cellular capacity and coverage”, Ericsson Review 1/2011, pp. 4-9.  
[http://www.ericsson.com/news/110211\\_hetnets\\_244188811\\_c](http://www.ericsson.com/news/110211_hetnets_244188811_c)

注：本档以英语制作并于2012年2月首次发布，参考时请以英语原始版本为准。

# 术语表

3gpp	3rd generation Partnership Project 第三代合作伙伴项目
air	antenna-integrated radio 内置天线射频
cpri	common Public radio Interface 通用公共射频接口
Das	distributed antenna system 分布式天线系统
Dsl	digital subscriber line 数字用户线路
gsm	global system for Mobile communications 全球移动通信系统
hspa	High-speed Packet access 高速分组接入
lan	local area network 局域网
los	line-of-sight 视线
lte	long term evolution长期演进
mimo	multiple-input, multiple-output多输入、多输出
nlos	non/near los 非/近LOS
qos	Quality of service 服务质量
rru	remote radio unit 射频拉远单元
son	self-organizing networks 自组织网络
wcDma	wideband code division Multiple access 宽带码分多址
wi-fi	trademark of the wi-Fi alliance (also known as wireless lan) Wi-Fi联盟的商标 ( 也被称为 “无线局域网 “ )

注：本文档以英语制作并于2012年2月首次发布，参考时请以英语原始版本为准。