



ericsson.com

# 降低能耗曲线

降低移动网络能耗的  
创新方法



# 前言

## 能否在不增加能耗的情况下使数据流量增加四倍？

答案是肯定的，能耗曲线是可以被打破的，即降低移动网络当前的总能耗，同时大幅提高容量应对流量巨增的挑战。

这不只是一种可能。实际上，我们认为这是我们的责任，应与所有其他信息通信技术行业参与者一起实现这个目标。

我们预计，当前全球每年运行移动网络的能源成本为250亿美元。从成本和碳排放的角度来看，能耗是我们行业面临的最大挑战之一。

经过20多年的不断研究，我们已证明移动宽带能够推动可持续发展、经济增长并减少碳排放。信息通信技术行业仅占全球碳排放量的1.4%，但能够使其他行业（如能源、工业和交通运输）减少15%的碳排放。

从生命周期的角度来看，我们碳排放的主要部分来自已交付产品的能耗。在此基础上，我们对产品的排放和能效设定了目标，并向1.5C看齐，这符合“科学减碳倡议组织 (SBT)”计划。

如果采用与3G和4G相同的方式部署5G，能耗必将大幅增加，这是急需解决的重要问题。一些电信运营商甚至预计能耗须增加一倍才能满足不断增长的流量需求，同时改善网络性能并部署5G。从成本或环境的角度而言，这种做法是不可持续的。在5G标准的推动下，再加上我们开展的大量开发工作，能耗将大大降低。5G是最节能的标准，将使移动系统更有效地使用智能睡眠模式，并通过使用较低频段有效扩展覆盖范围，同时通过载波聚合提高容量和速度。借助快速有效的数据传输，

系统能够更快地返回低负载状态。

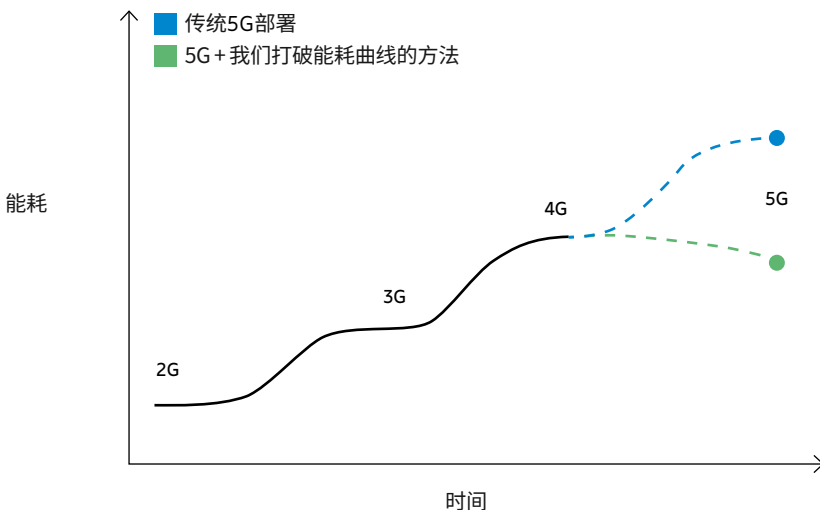
爱立信很荣幸与客户合作，评估和发展应对能源挑战的解决方案。在本报告中，我们介绍了为客户开发的形形色色的解决方案。这些解决方案均可能已经实施，为5G部署做好准备或提供支持。

节能，从现在开始。



艾瑞科 (Erik Ekudden)，爱立信副总裁、首席技术官兼技术职能部主管

图1: 我们打破能耗曲线的方法



## 行业责任

要回答这个关系到数十亿美元的问题，我们认为可以打破能耗曲线。我们不仅勇于承担，还引领并提供整体性解决方案。

# 执行概要

我们打破能耗曲线的创新方法。

要打破移动网络日益增长的能耗曲线，我们对一些最雄心勃勃的5G部署进行了分析，并进行了测试，旨在了解采用我们的整体性方法会产生什么结果。我们与客户一起完善了各种解决方案，以大幅节约能源。

通过第一步分析就可以直接节约能耗，还能对以后如何应用提供洞察。从何处开始以及如何实施我们的方法取决于每个网络的设计和状态。下文介绍了我们创新方法的四个要素。

## 准备好网络

使用最新技术对网络进行升级改造并更换旧设备可带来新的商机，同时大幅节约能耗。过去，通常通过添加新设备同时保留现有网络资产来管理移动网络的部署，这种做法必

须改变。我们已经看到，在低流量地区进行升级改造，仅靠节能就可在不到三年的时间内实现投资回报。

## 激活节能软件

爱立信无线接入网(RAN)早已提供节能功能，并可立即激活。添加机器学习功能将进一步降低能耗。Micro Sleep Tx (MSTx)和低能耗调度解决方案(LESS)等功能能够在保证用户体验不变的情况下，将无线电设备的能耗降低15%。

我们的5G软件本身便具有节能功能。随着时间的流逝，其高级功能将不断发展，网络效率也将不断提升。

## 精准构建5G

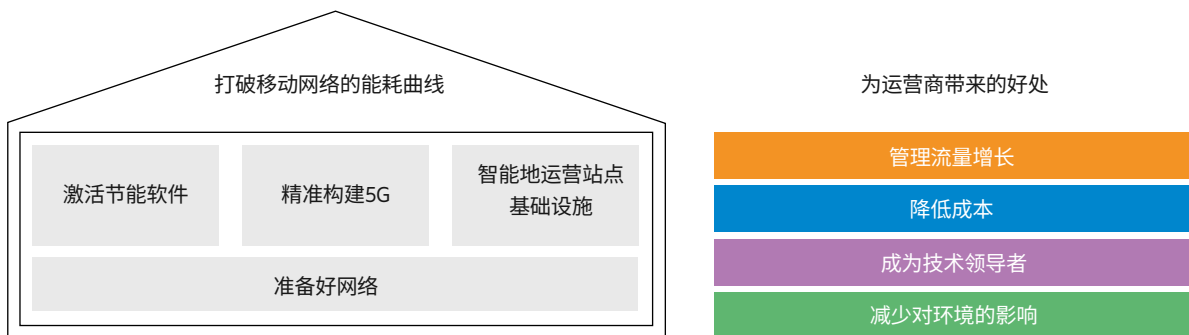
在合适的位置安装正确的设备非常重要。精确构建5G是指在新的5G

频率上优化网络性能，同时将资本支出和运营支出保持在限定范围内。与爱立信独有的解决方案(如，爱立信双模5G核心(5GC)、爱立信无线系统(ERS)和爱立信频谱共享(ESS))相辅相成，便可实现快速5G部署，无需添加任何产生额外耗电的硬件。这意味着运营商在引入5G时可限制能耗的增长。

## 智能地运营站点基础设施

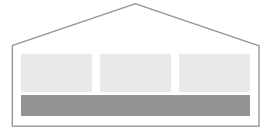
通过使用人工智能(AI)，运营商能够更主动地运营站点基础设施。我们的产品组合提供控制无源设备的工具，可实现预测性维护和零干预故障排除，从而降低成本、降低站点能耗并减少人员前往站点做维护的次数。客户案例表明，通过智能站点控制解决方案，运营商将站点能耗降低了15%。

图2:打破能耗曲线的要素和优势



# 准备好网络

使用与时俱进的硬件进行升级改造, 提供卓越的性能。



为5G做好准备和引入5G为升级和改进现有网络创造了机会。鉴于当前网络的容量有限, 不断增长的流量需求为性能带来了挑战。在网络升级改造的过程中, 需要大幅节约能源和物理空间, 从而显著降低移动网络的总能耗, 无需增加预算即可为5G部署提供空间。

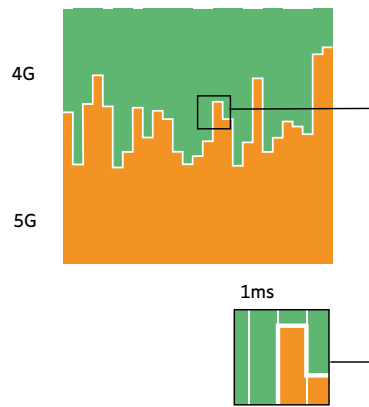
对于网络演进, 运营商具有不同的起点和部署重点。我们建议, 网络升级改造应涵盖站点设备以及核心设备、传输设备和无线接入设备的各个方面。例如, 将带空调的基站箱升级为信号塔中的现代化站点机柜及对流冷却的多制式射频拉远单元将大大降低能耗。

## 强大的硬件至关重要

新的多制式硬件平台可减少物理占用空间, 并提供最新的节能技术, 这些技术有助于打造高效网络。使用最新的爱立信无线系统(ERS)解决方案和双模5G核心(5GC)解决方案进行升级可立即降低能耗并节约成本, 可通过安装软件促进未来向5G快速迁移。

爱立信无线系统是一个完整的平台, 可构建性能最高的无线接入网(RAN), 并提供最佳的模块化功能, 以确保最低的总体拥有成本(TCO)。自2015年以来发货的所有ERS设备均支持5G。如果在爱立信无线系统平台上安装好设备, 一旦设备和服务可用, 网络即可迁移到最高效的技术。

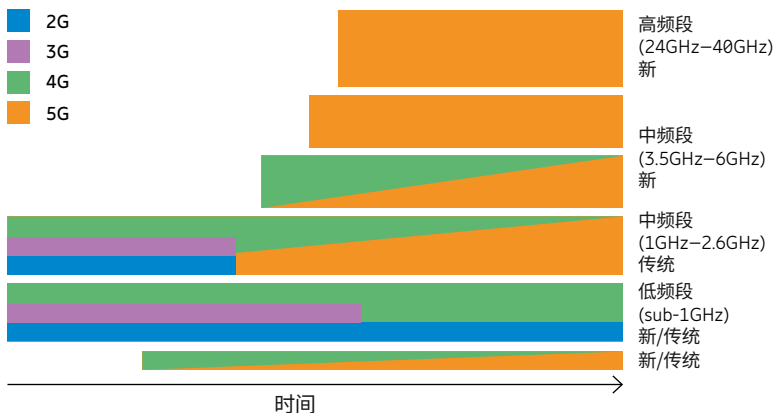
图3: 独特的爱立信频谱共享  
1ms解决方案



## 一毫秒即可完成4G和5G的切换

借助爱立信频谱共享(ESS)解决方案, 运营商可在相同的频率上同时运行4G和5G, 无需添加新的耗能硬件。爱立信频谱共享解决方案使这两种技术均可立即访问同一频谱, 并在毫秒内就将资源分配给需要它们的终端(图3)。在爱立信无线系统基站硬件上远程安装软件即可使用该解决方案。

图4: 频谱演进计划示例



## 频谱演进计划——使用最高效的标准

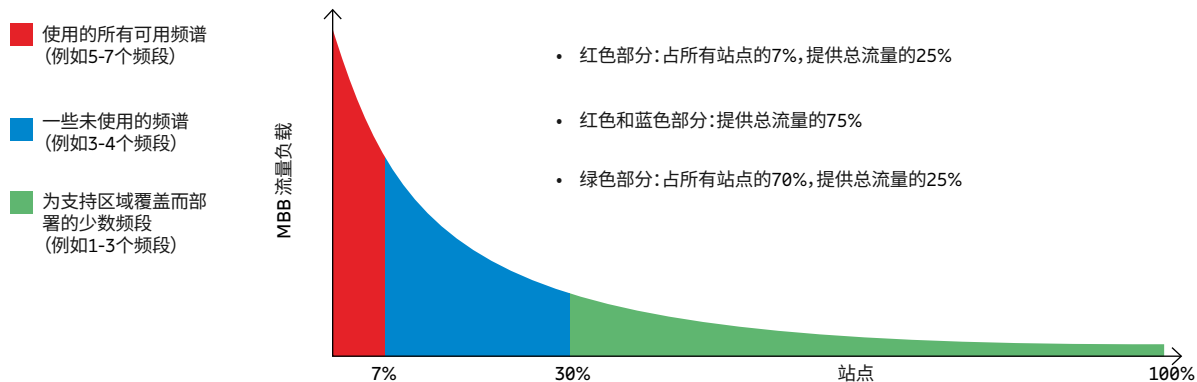
在为未来RAN能力做准备时, 需要查看当前的频谱资产, 以创建频谱演进计划, 评估频谱需求将如何发展变化(图4)。

通常, 运营商会为多种无线技术(2G-4G)提供若干频段。随着时间的推移, 新的频谱频段将提供更多容量, 但需要对频谱进行重新分配, 以逐步将流量转向4G和5G。

我们致力于确保网络可迁移到最高效的技术。这可能意味着要部署强大的4G平台, 利用现有用例盈利, 并为应对下一波5G浪潮奠定基础。我们建议将2G和3G移至较低的联合频段, 采用节能、混合模式的配置, 并在可能时候, 停掉一种或两种技术。

用4G取代2G/3G很可能使同一频谱的容量翻倍, 还可以使用4G标准提供的更高效节能功能。这是一个绝佳的机会, 可减少旧无线技术耗费的电力并为部署未来5G设备做好准备。

图5:典型移动宽带流量负载分为三个部分



### 网络现实

根据对全球网络大量流量数据的分析,我们了解到2G、3G和4G在所有无线站点的流量分布几乎相同(图5)。

高流量负载的站点同比增长幅度通常最大,而流量较低的站点增长要低得多。

我们的数据还表明,所有环境中都存在低负载和高负载情况。由于小区面积较小,一些密集城市站点的流量较低,而一些农村站点覆盖区域较广并承载较高的流量负载。

了解上述情况后,运营商能够对网络演进进行建模,以满足预期的流量增长,同时优化总体拥有成本。

### 定义质量

运营商感知的交付质量取决于其是

否准确规划了上述红色和蓝色部分中最重要的站点。一直以来,主要焦点都是管理这些站点的容量扩展和频谱效率,以保护和应对不断增长的移动宽带流量。

### 定义网络能耗

要打破移动网络总能耗曲线,必须解决上面绿色部分的问题。在这些站点保留较旧的设备可满足不断增长的流量需求。然而,如果引进最新的爱立信无线系统设备进行同类升级改造,能够立即使能耗降低约30%。在某些情况下,它甚至能够在三年内实现升级投资回报。而对于70%这部分站点,其业务策略还应该考虑这一点,那就是升级改造意味着,只需远程安装爱立信频谱共享软件即可在全国范围内轻松部署未来的5G用例。

### 双模5G核心(5GC)技术提升了运营效率

为了高效地为5G迁移做好准备,核心网正迅速进行云原生部署转型。

我们的双模5GC将5G演进分组核心网和5GC架构的网络功能整合到一个通用的云原生软件平台,支持独立和非独立的5G、4G、3G和2G接入技术。它提供较高的编排和自动化水平,可提高运营效率,此外,通过云原生操作可减少20%的基础设施需求。

# 30%

在同类升级改造中,爱立信无线系统能够立即将能耗降低约30%。

### 客户成功案例:英国伦敦沃达丰的网络升级改造

#### 挑战

• 对伦敦的4G网络进行升级改造,使其支持5G和IoT,同时在性能基准测试中保持领先地位

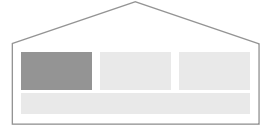
#### 解决方案

• 使用爱立信无线系统便携式设备对4000个站点进行升级改造

#### 影响

• 沃达丰巩固了其最佳性能地位  
• 增加了流量容量,提高了吞吐量,将能耗平均降低了20-30%  
• 无需起重机,更快地完成部署并减少资本支出

# 激活节能软件



开启软件功能,且不影响用户体验。

我们提供节能软件功能,可自动打开和关闭设备,以满足不断变化的流量需求。

来自全球网络的经验表明,这些功能可大大降低能源成本,无需任何额外的硬件投资。

我们的解决方案套件可优化运营商整个网络的能效,提供能源用量概览,对节能效果进行评估,并为各代移动网络提供可选丰富的无线接入网(RAN)节能功能。

## 能耗数据访问和分析

测量能耗并将其与网络性能的其他方面相关联对于主动决策至关重要。

爱立信网络管理器(ENM)、爱立信

网络IQ统计(ENIQ Statistics)和爱立信能耗报告(Ericsson Energy Report)为运营商提供了重要洞察,有助于其了解、诊断和识别改善网络能效的机会。

通过爱立信网络管理器,可从网络节点、爱立信站点控制器和现场机柜访问所有能耗和网络性能数据。爱立信网络IQ统计(ENIQ Statistics)帮助收集和存储性能管理数据。

根据这些数据,爱立信能耗报告通过以下方式提供有实施意义的洞察:

- 验证网络能耗
- 分析网络能效
- 提供状态数据,以实现节能并提升网络性能。

**使用节能软件评估和优化RAN能耗**  
在将节能功能应用于所有无线技术(2G-5G)时,我们可对可实现的全网节能以及降低运营支出的几率进行评估并提供建议。

我们还支持运营商在RAN性能评估中引入能效,将其作为新的维度,平衡节能与网络性能。

## RAN睡眠模式将以最小的负载工作,减少能耗

RAN是能源的主要消耗者。我们可帮助运营商自动使用低流量时段,并在不需要容量时禁用容量。

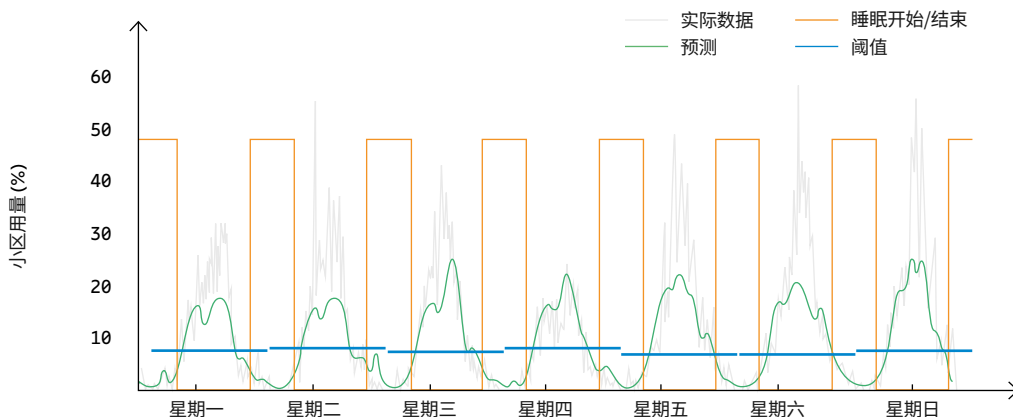
通过预测流量模式和负载以及终端用户需求(从小区级到子帧级)的高级测评,我们可以动态激活RAN计算和无线电设备,在保障网络性能的同时实现最低能耗。

图6:4G和5G节能功能示例\*

节能功能	功能 - 节能机制	优势
Micro Sleep Tx (MSTx)	无需在下行链路传输信号或用户数据时,基于时间符号自动关闭射频功率放大器。	MSTx支持在下行链路进行断点传输,降低低流量时段的能耗。
低能耗调度解决方案(LESS)	重新安排非关键数据的下行链路传输,不包括时间敏感的传输(如语音),确保服务质量不受影响。	清空更多时隙并触发微睡眠模式(micro sleep),从而提高MSTx效率。
MIMO睡眠模式(MSM)	去激活一部分天线的电源。该功能能够根据流量负载自动在MIMO模式和SIMO模式之间进行重新配置。	在低流量时段自动降低无线基站的功耗。
小区睡眠模式(CSM)	当总流量低于设定的阈值时,关闭容量小区的功率放大器。	在低流量时段自动降低无线基站的功耗。
大规模MIMO睡眠模式	根据流量需求去激活一个或多个M-MIMO天线单元。	提高高级天线系统站点的能效。

\*功能可用性参见产品规划路线图

图7:增强MIMO睡眠模式的人工智能流量预测



通过激活节能功能(如Micro Sleep Tx (MSTx)和低能耗调度解决方案(LESS)),运营商可立即降低能耗(图6)。在4G中,MSTx和LESS可将无线电设备的能耗降低15%,同时保障用户体验。从5G开始,MSTx将一直处于激活状态。

**增强MIMO和小区睡眠模式增强了感知流量的节能性能**

机器学习(ML)将应用于节能功能,以提高效率并使节能功能更具自主性。MIMO睡眠模式(MSM)和小区睡眠模式(CSM)是率先采用机器学习的首批节能功能。

随着此功能在5G网络中的部署,能耗将进一步降低。由于下行链路的接收一般是不连续的,因此5G射频接口延长了射频功率放大器的睡眠时间。

在密集网络中,存在重叠覆盖的小区。借助小区睡眠模式,重叠覆盖的小区可检测低流量状况,并在确认由覆盖小区提供支持后关闭自己,以节省电能。覆盖小区监测流量状况,以适时打开睡眠中的小区。这是一种自组织网络(SON)功能,可根据网络流量情况进行调整。关闭重叠覆盖小区后,该小区中的流量负载会被分流到覆盖小区。

机器学习能够预测并增加一个或多个小区应处于MIMO睡眠模式或小区睡眠模式的时间。我们的实时试验表明,随着时间的推移,预测将更加精准。

数据流量模版可能会随环境变化(如新修建了建筑物和道路)而发生变化。机器学习利用实时流量预测增强现有功能(图7)。如果小区有4x4MIMO,对于其增强MSM,机器学习算法会对流量进行连续分析。然后,预测何时使用所有四个射频天线分支或仅使用一个分支进行发射以及何时切换回来,确保节能功能不会影响用户体验和相关的关键性能指标(KPI)。在一个试验组中,现场数据表明,在保障关键性能指标的同时,每个站点的能耗平均降低了14%。

**客户成功案例:印度尼西亚 Indosat卡塔尔电信, 4G高级节能试验**

**挑战**

- 在高负载的4G住宅集群(68个宏站点)中,在不影响关键性能指标的情况下降低功耗

**解决方案**

激活4G节能功能:

- Micro Sleep Tx
- 低能耗调度解决方案
- MIMO睡眠模式

**影响**

- 将4G的能耗降低20%~25%,同时保障关键性能指标
- 性能最佳的站点可将4G能耗降低50%以上
- 试验非常成功,在全网部署了4G节能功能(> 3000个站点),预计节省200-300万美元

**客户成功案例:葡萄牙沃达丰, 利用机器学习实现自动化MIMO能源管理**

**挑战**

- 通过增加使用MIMO睡眠模式来降低能耗,同时满足性能要求
- 自动设置参数,确定何时激活和去激活发射器分支

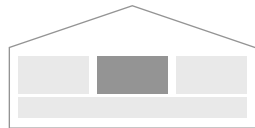
**影响**

- 自动化MIMO睡眠模式管理的性能优于人工管理,使每个站点的能耗平均降低了14%
- 为每个站点量身定制能效
- 保障用户体验关键性能指标

**解决方案**

- 将机器学习应用于MIMO睡眠模式,优化能源分配
- 根据四个星期的流量数据训练机器学习算法,识别流量模式并预测何时激活或去激活各个地点的发射器分支

# 精准构建5G



爱立信网络扩展的最佳实践与方法。

## 为每一种站型打造精准的无线解决方案

精准构建方式可以为每一种站型创建具有最佳无线解决方案的网络，即优化网络性能，避免超量规划硬件而导致不必要的资本支出和运营支出增加。

推出5G时，确定何时何地部署5G频段上哪些新设备至关重要。

5G总能源成本的增加将受到服务提供商部署策略和设备选择的影响。

为了实现所需的节能效果，从频谱演进计划和网络现实评估中获得的洞察将是评估最佳无线解决方案的关键所在。我们可以帮助服务提供商评估并选择最优的无线解决方案，为规划时间内的预期流量增长提供支持。精准构建5G可以节约整个网络的功耗，并降低总体拥有成本(TCO)。

## 在全国部署5G

在5G中高频段小区构建无线网络，辅之以爱立信产品组合的独特功能，为5G业务推出的可持续性提供全面支持。自2015年以来，所有爱立信无线系统(ERS)设备均已支持5G。爱立信频谱共享(ESS)使运营商能够在当前的2G、3G或4G频段中快速引入5G，以实现5G的全国覆盖，而无需添加新的耗能硬件。ESS与5G双连接和载波聚合相结合，还增加了5G中高频段小区的覆盖范围(图8)。

若要部署独立组网的5G网络，5G核心(5GC)网是唯一的选择。通过爱立信的双模5G核心网，服务提供商可以将当前的演进分组核心网(Evolved Packet Core networks)高效地升级为全面的5G核心网。服务提供商可以利用现有网络基础设施(从2G到4G)在广泛的区域内启动5G业务，并根据自己的需求来扩展

覆盖范围，这也等于还利用了之前的频谱投资。因此，服务提供商可以提供5G商用服务，无需高昂的总体拥有成本即可转向独立5G。

## 零接触优化网络

我们的自组织网络(SON)优化管理器解决方案通过优化服务提供商的工作来保障最终用户体验，同时优化了能效，主要通过提供粒度更细的网络性能信息，并利用机器学习预测覆盖范围和容量来实现。自组织网络优化管理器在考虑能效的同时提出了一些网络改进建议。此类数据和洞察可帮助服务提供商就需要在何处添加网络做出明智决策。资源使用更加均衡，网络根据平均网络负载进行规划，而不是根据峰值负载。

我们的自组织网络可将流量负载分发性能提升20%左右，从而大幅节约能耗。

图8：将5G中频与低频的爱立信频谱共享功能整合在一起

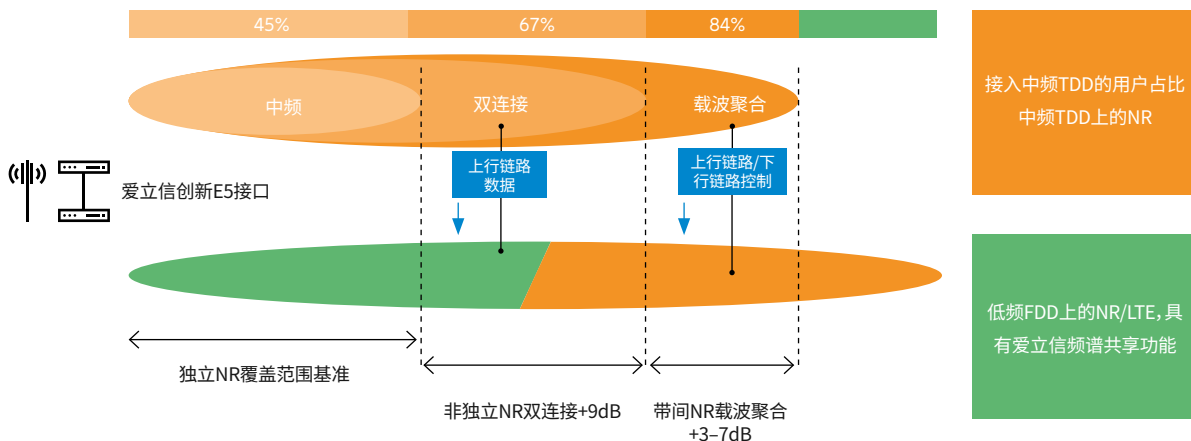
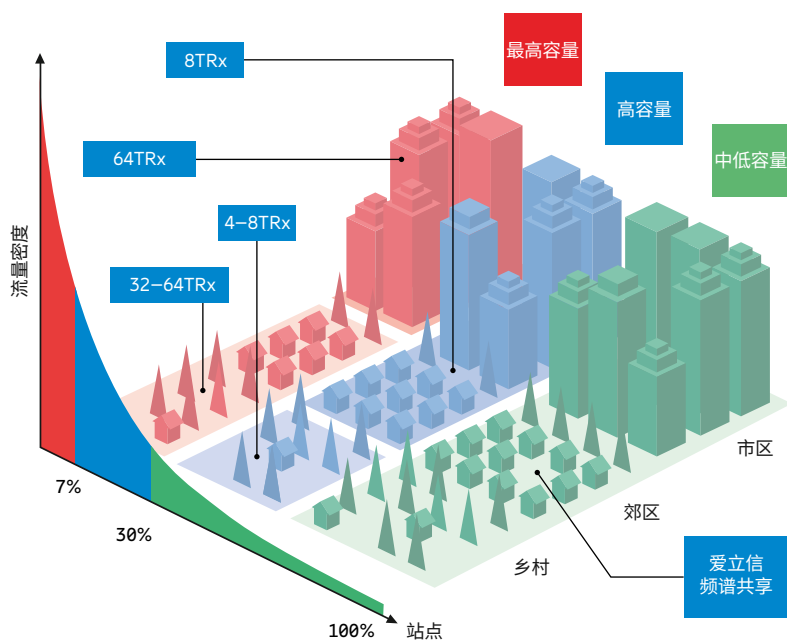


图9:精准构建5G, 优化总体拥有成本



### 引入灵活性

我们拥有各种各样的无线接入网(RAN)产品组合,使您可以灵活地选择能耗更低但又能满足各个站点的流量和覆盖范围需求的无线模型。

我们的工具展示了移动宽带容量如何随着预期的流量增长,可以评估城市、郊区和乡村的不同流量特征(图9)。服务提供商需要根据站点

的需求增长曲线规划解决方案的技术容量。

对于大型MIMO,功耗随天线集成无线设计中包含的无线单元和发射器数量增加而增加。因此,部署正确的5G无线基站站点配置对于以较低的TCO满足性能要求并节约能源至关重要。

此外,在容量需求较低的地区,具有2至8个天线分支的5G射频拉远单元将非常适合,能以更低能耗提供相同的最终用户峰值速率。

了解这些情况有助于服务提供商在灵活部署5G方面做出更好的决策。

### 客户案例:精准构建5G网络

#### 韩国SK Telecom

##### 挑战

·在满足客户对数据速度和覆盖范围期望的同时,经济高效地部署5G

##### 解决方案

·我们采用精准的方式构建5G  
·三种不同的3.5GHz无线配置,以匹配每个网络无线站点的容量和覆盖范围要求:

- 64T64R大规模MIMO无线单元
- 32T32R大规模MIMO无线单元
- 4T4R无线单元

##### 影响

·实现5G的预期速率  
·减少资本支出和运营支出,同时满足服务要求

# 智能地运营站点基础设施



站点流量的增长不仅需要更多现场设备,还需要复合功能。

站点容量的增长将需要集成更多设备。站点电源预算和空间通常非常有限,因此需要紧凑且节能的解决方案。此外,站点还应该采用高效、环保的技术。

随着现场需求和复杂性的日益增加,服务提供商面临的挑战更加严峻。其中,运营效率的降低、“无源”站点系统数据的碎片化以及缺乏针对所有站点的全局观是急需解决的迫切问题。

我们使用自动化和人工智能技术,可通过网络运营中心(NOC)或现场的平板电脑、智能手机或笔记本电脑访问,从而实现智能站点能源管理。使用全天候数据采集点,服务提供商不仅可以实现预测性维护,还能降低运营和维护(O&M)成本、碳排放和站点功耗。

## 智能互联站点将站点单元以数字方式集成在一起

具有智能机柜的爱立信智能互联站点(图10)是一种智能且统一的站点数字化方式,可以对所有站点设备进行远程控制和监视。可视化可以在网络、站点和机柜级实现,还可以从网络运营中心或现场终端访问。

智能互联站点将无源基础设施的各种测量和告警与有源系统(无线电、基带和传输)的数据整合到一个运维工具:爱立信网络管理器(ENM)系统,实现自动化和人工智能数据采集和站点数据分析,因此服务提供商可以通过实时洞察和控制更有效地管理网络。服务提供商还受益于更智能的站点管理,获得有关可用性、容量、网络性能和能源管理的全天候信息,以及对网络稳定性实施前所未有的控制,从而大大降低

了生命周期成本、现场访问次数以及能耗指标,同时提高了网络质量。

## 人工智能驱动的基础设施运营

我们的能源基础设施运营(EIO)是数据驱动的服务,可降低能源相关的运营支出和资本支出,并提高运营效率,大幅减少碳排放。

能源基础设施运营需要多家供应商协作,专注于利用无源基础设施以及现场的有源无线传输设备提高效率。尽管有许多可优化有源站点单元(即无线设备)的功能,但支持无线接入网(RAN)的无源单元往往被忽略,而它们可能占整个站点功耗的50%以上。

图10:爱立信智能互联站点概述





在网络运营中心查看智能站点。

因此，我们开发了能源基础设施运营解决方案作为端到端能源管理解决方案，以利用人工智能和数据分析来解决和管理影响站点能耗的所有站点单元。

该产品基于来自爱立信智能互联站点智能机柜或单独部署的站点控制器的数据，同时连接到所有相关的无源基础设施（电池、柴油发电机、整流器、暖通空调、太阳能等）。这使得所有站点单元都可见、可测量和可控制，并最终实现远程智能站点管理。能源基础设施运营解决方案采用人工智能，已成功用于30多个全自动能效管理案例：

- 收集并测量所有相关的无源和有源基础设施数据
- 实时主动地进行分析
- 根据丰富的告警和性能测量自动启动故障单和工单

能源基础设施运营解决方案还提供建议，以提高站点能效、优化站点访问、改善网络性能，并最终显著降低站点的总体拥有成本。该解决方案采用独特的创新商业模式，可通过节约总体能耗来实现价值，具有极其诱人的投资回报率。

我们的服务产品可能带来以下好处：

- 减少约15%的能源运营支出
- 减少约15%的无源基础设施站点访问
- 减少约30%的运行中断

我们的能源基础设施运营解决方案不受供应商、设备和技术的限制，这意味着，服务提供商可能未在网络中安装我们的设备，但该能源基础设施的运营解决，也能为服务提供商所用。

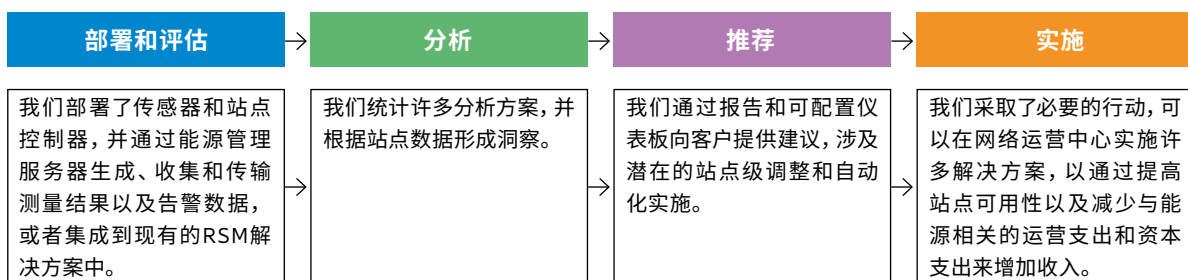
## 能源基础设施运营解决方案试点

能源基础设施运营解决方案已在欧洲、亚洲、中东和拉丁美洲的客户中试用过，目前已在缅甸Telenor的网络中使用。

# >50%

支持无线接入网的无源单元可能占站点总功耗的50%以上。

图11: 爱立信能源基础设施运营解决方案概览



## 关于爱立信

爱立信助力通信运营商捕捉连接的全方位价值。我们的业务组合跨网络、数字服务、管理服务和新兴业务，帮助我们的客户提高效率，实现数字化转型，找到新的收入来源。爱立信持续投资创新，从固定电话到移动宽带，致力服务全球数十亿用户。爱立信在斯德哥尔摩纳斯达克交易所和纽约纳斯达克交易所上市。

更多信息请访问 [www.ericsson.com/cn](http://www.ericsson.com/cn)

## 欢迎关注

爱立信官方微信



更多信息，请联系  
[ericsson.china@ericsson.com](mailto:ericsson.china@ericsson.com)

©爱立信（中国）通信有限公司  
版权所有2020