

# 可持续的IP网络

## 气候驱动诺基亚IP网络产品组合技术创新

### 白皮书

和以往任何时候相比，IP网络在全世界的家庭宽带、移动、云计算和工业中的关键业务网络的地位更显重要。数字通信网络将企业、城市、供应链和社区的人们聚集在一起，成为社会发展重要的生命线；与此同时，网络也已成为温室气体排放的重要贡献者。

诺基亚是可持续发展领域的全球领导者，致力于减少客户网络中IP产品运营的碳足迹，以应对全球气候变化。

诺基亚的IP路由器符合气候驱动，具有广泛的节能创新，确保关键业务在所有网络条件下都能可靠地运行。在诺基亚的环境计划中，可持续性一直是IP路由器创新设计生命周期中最重要的一环。

本文讨论了诺基亚的可持续发展承诺、实践以及诺基亚IP网络产品组合的节能减排和气候驱动设计创新。



## 内容

应对气候变化.....	3
可持续性承诺.....	3
可持续产品设计与材料.....	4
循环.....	6
节能创新.....	8
系统级创新.....	8
网络级创新.....	11
总结.....	12
缩写.....	13
参考.....	错误！未定义书签。

## 应对气候变化

为应对气候变化及其影响，诺基亚的工作包括提高客户网络中IP产品的能效，并最大限度地减少运营中的碳足迹。交付给客户的产品和解决方案在设计和制造过程中使用的材料、能源和资源的运作方式、运输、建造和维护以及寿命结束时的处理方式等方面，我们致力于提供更高效的方式。

数字通信网络已经成为整个社会必不可少的一部分。IP网络是宽带、移动、云和工业关键业务流量路由和传输的连接基础设施。诺基亚专注于为电信运营商、互联网公司和企业客户提供高质量的解决方案和洞察力，以解决世界上最关键的网络挑战。

巨大的流量增长和对“永远在线”连接的高期望给IP网络的质量和可用性带来了前所未有的挑战。运营商必须提前预判路由器在所有网络条件下的吞吐量，包括不可预测的负载和流量激增。IP网络必须满足严格的性能要求，同时必须是节能的，以尽量减少其碳足迹。诺基亚的IP路由器正是为这些现实而设计的。

先进的节能创新在两个层面上减少了IP产品的排放。产品级创新包括全面的性能、久经考验的寿命和领先的能效机制。为了实现更大的可持续性，网络级创新通过节能解决方案实现网络排放的净减少。其中包括400G IP和光网络集成、业务融合、智能汇聚和IP网络安全、优化和保证解决方案，以显著降低总体拥有成本（TCO），并引导运营商实现数字网络的净零排放。

所有的IP路由器都不可避免地会对环境造成影响，因为它们的制造、分发和运行都会消耗能源和其他资源。为了减少对环境的影响，诺基亚在业务运营以及业务路由器和服务的设计上设定了雄心勃勃的可持续发展目标，以帮助客户减少能源消耗，减少网络中的温室气体排放。

## 可持续性承诺

我们对自己的行为，以及对人类和地球的影响负责，最大限度地减少潜在的负面影响，同时最大限度地发挥技术的积极影响。诺基亚致力于帮助网络运营商减少碳足迹。2020年，诺基亚在碳披露项目中实现了气候变化绩效A榜。

2021年4月，诺基亚重申自己的承诺，即通过业务和产品的创新设计将排放量减少50%。基于科学的目标（SBT），诺基亚将重新调整现有的目标并履行承诺，以符合1.5°C全球变暖的情景。在最新的CDP气候响应报告中，有与气候相关的信息披露。诺基亚为Scope 3排放量制定了新的、更具雄心的SBT，以在2019年至2030年期间将相关排放量减少50%，并将物流和装配厂的排放纳入供应链要求。

诺基亚是SBT方法的早期采用者，是第一家在2017年制定科学目标的电信供应商，也是所有行业首批名单的100家公司之一。最初的目标是基于《巴黎气候协议》和2014年报告的排放量。2015年至2019年，诺



诺基亚一直按原定目标前进，由于我们的员工做了大量工作，到2019年底，我们的行动计划（即范围1和范围2）实现了大部分原定目标的减排。

诺基亚的优先事项已经确定，包括实现联合国可持续发展目标和欧洲绿色协议等关键框架，其中具体目标包括使经济增长与资源利用脱钩。欧洲绿色协议的目标是到2050年实现温室气体（GHG）的中立性。到2030年将温室气体排放量减少50%的中期目标。2020年秋天，中国和日本遵循欧洲的倡议，宣布将净排放量降至零。美国寻求重新加入《巴黎协定》，以推动国际气候行动。

## 可持续产品设计与材料

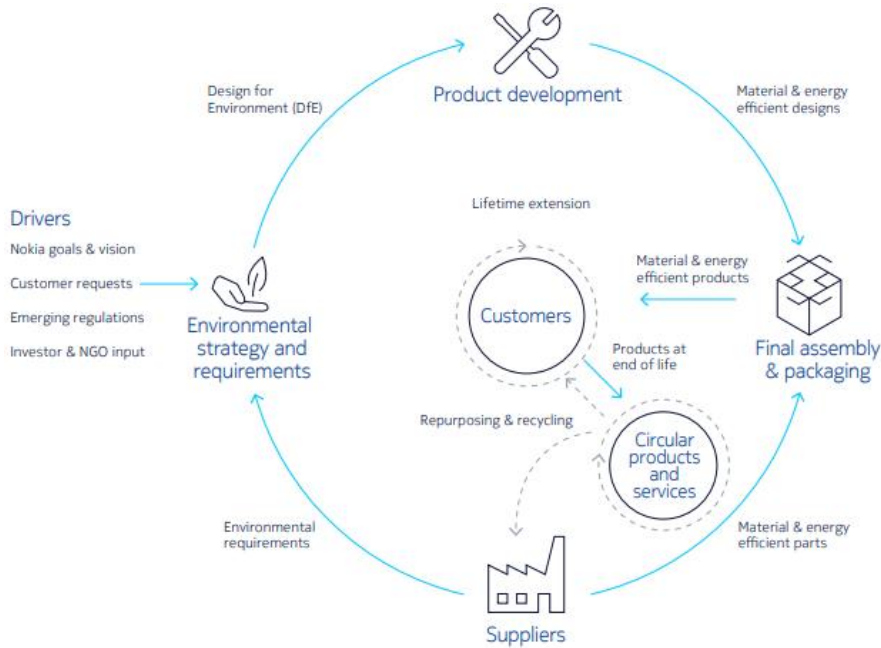
在诺基亚，我们致力于提供给客户在制造方式和运营方式方面更加高效的产品和解决方案。我们的环境设计（DfE）方法有助于确保创造出符合环境可持续原则的技术。

生命周期思想是一个关键组成部分，也是业务路由器组合的一个气候驱动属性。它通过提高生产、运营、产品使用时间和回收的材料和能源效率，帮助减少产品对环境的影响，并延伸到我们的供应商。它可确保符合管理法规和我们自己的要求，并且易于重新调整用途或在使用寿命结束时进行回收和恢复。

作为IP网络的原始设备制造商（OEM），诺基亚保持完善的循环生命周期实践，使产品在多个网络角色中尽可能长时间的保持最高的价值和质量。整个诺基亚的商业团体都使用 DfE 环境设计方法来确保他们实施设计实践，从而：

- 尽量减少材料和能源使用
- 最大限度地调整用途和回收利用
- 延长产品寿命
- 尽量减少使用对环境有害的材料
- 生产易于或远程维护或免维护的设备

图1. 诺基亚环境设计方法的生命周期管理



诺基亚的产品，包括OEM产品零件、模块和组件，必须符合诺基亚物质列表中的要求。供应商的产品文件还必须向我们提供产品中存在的任何欧盟注册、评估、授权和化学品限制（REACH）候选物质的清单。此外，产品、零件、模块和组件在技术和经济可行的范围内不得含有物质清单中列为“应避免”的任何物质。

遵守相关环境法规是我们环境政策的重要组成部分。延长生产者责任监管计划旨在通过使制造商对产品的整个生命周期，特别是寿命终止管理负责，减少产品对环境的影响。

诺基亚正与领先的运营商就可持续产品计划展开合作，如循环产品通行证、生态成本计算以及改进所用原材料和可回收性的建议。基于iNEMI组织首创的回收和再利用指标，我们现在能够更好地评估新产品设计，着眼于改进材料选择，易于零件和材料的释放，以及产品销售国的可用回收技术。

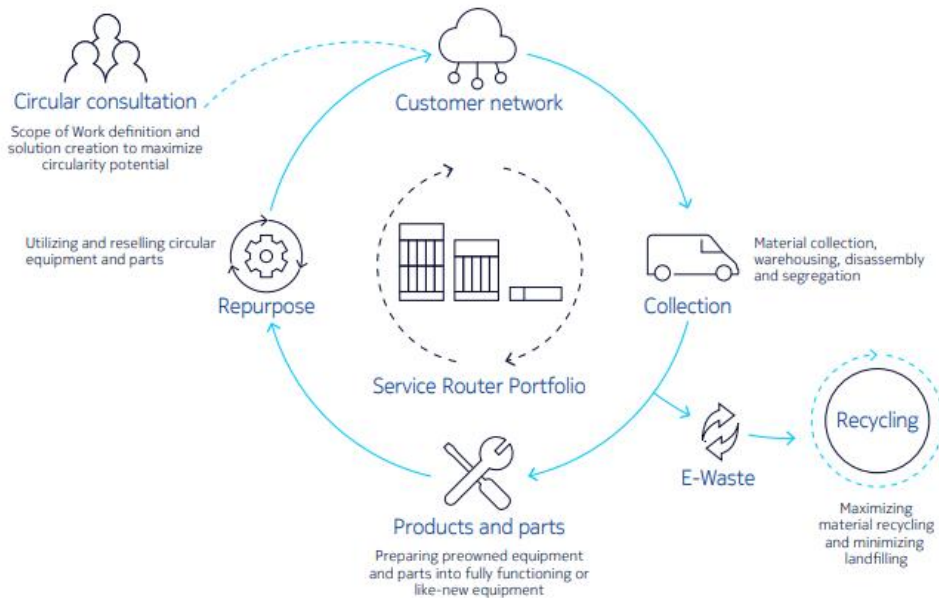
## 循环

循环发展是可持续发展的一部分，我们正在不断研究如何加强现有的循环经营方式。诺基亚拥有25年的成熟循环实践，充分利用了产品的全部价值。在循环商业模式中，另一个由气候驱动的属性是回收或收购来自客户和市场的过剩或过时的产品和模块化组件，然后对这些产品和模块化组件应用工业化的、增值的再制造过程，以纳入产品供应链，供客户购买或内部使用。

诺基亚是再制造工业委员会（RIC）的成员之一，采用ANSI认可的标准进行再制造，使其达到“新的状态”。不能再利用的产品和模块化组件被送至回收站，为其他应用或行业生产原材料。将这些气候驱动的过程应用于产品和模块化组件，而不是建造新的组件，可以避免制造过程中通常释放的大约40%的二氧化碳排放。

诺基亚工艺过程中的节能减排，来自于不必制造新产品和模块化组件，不包括使用时间排放。诺基亚业务路由平台包括7750 SR 业务路由器、7950 XRS 核心路由器，7210 SAS 业务接入交换机和 7705 SAR 业务汇聚路由器。

图2. 循环实践



诺基亚在环境可持续性方面处于全球领先地位。除了业务路由器产品组合的节能功能和解决方案外，诺基亚还实施了多项企业举措，以进一步减少其对地球的环境影响。这些举措包括：

- 诺基亚产品符合国际环保要求。
- 诺基亚在全球范围内遵守ISO 14001（环境管理）



包装是环境意识的一个主要领域。对于包装设计、最大限度的保护和减少对环境的影响，诺基亚环境责任是贯穿产品生命周期的始终如一的举措。从木制托盘到盒子和塑料袋，诺基亚与包装供应商进行了广泛的合作，以确保产品在使用最少材料的同时提供最大程度的保护。这一切都始于包装设计的最佳实践。

我们的业务路由器产品设计师和供应商共同实施以下气候驱动实践：

- 对于机框的建造，使用部分回收的钢和铝制成的金属
- 使用3D设计工具，通过基于工程的缓存曲线来确定最佳解决方案，以最小化包装尺寸并最大限度地提供保护
- 尽可能使用单层纸板
- 尽可能避免将不同材料粘在一起，以免影响可回收性
- 在材料参数允许的情况下，使用同样含有再生树脂材料的塑料零件
- 袋子具有静电拦截、静电屏蔽和防腐蚀功能——100%可回收和可生物降解
- 使用木材（热处理）、钢螺钉、螺母、螺栓、铰链、波纹纸板和100%可回收的防静电聚氨酯泡沫
- 选择平均含50%回收纸板的波纹制品
- 为卡片引入纸板单面板文件夹，消除对塑料翻盖的需求
- 在包装图形中，使用大豆基和可生物降解的墨水
- 为供应商利用当地包装供应商，消除将包装运送到装配地点和相关的碳足迹
- 在制造商和装配地点之间的整个建造过程中利用最终客户包装，消除单个零件的包装浪费
- 在可能/可用的情况下，在包装设计中使用的可回收或可生物降解的组件
- 最大限度地调整用途和回收利用

## 节能创新

诺基亚由气候驱动的IP路由平台，包括7750 SR 业务路由器、7950 XRS 核心路由器和 7250 IXR 互联路由器以及网络服务平台（NSP），在技术和设计选择中嵌入了广泛的节能创新。

能源效率和碳足迹的衡量标准需要超越产品的能耗，包括产品如何有助于净减排以及如何降低总体拥有成本。气候驱动的IP网络必须满足所有流量条件下的性能要求，同时必须具有高能效。7750 SR 和 7950 XRS 采用系统级和网络级创新技术，专为这些现实需求而设计。数字网络是世界上人、机器和设备进行通信连接的重要生命线，对网络质量和可用性的期望从未如此之高。

### 系统级创新

在系统层面，诺基亚节能路由器的创新为环境友好型设计提供了全面的性能、系统寿命和领先的能效机制。

### 满标度性能

7750 SR 和7950 XRS 的核心是诺基亚 FP4 网络处理（NP）芯片。它是实现全尺寸可预测（即确定性）性能的基本要素，并提供业界领先的节能设计创新。

FP4芯片设计创新提供了确定性的行为，确保在全尺寸路由平台上的性能。无论功能和IP/MPLS、服务质量和访问控制列表功能如何扩展，满标度都确保了一致性、可预测的系统操作。即使在需要复杂、密集的数据包处理操作的情况下，吞吐量也保持不变，绝不会降低性能--这是不可妥协的。

一些竞争性的芯片组设计只关注电源效率，却被不可预测、不确定的行为所困扰。这种设计方法会导致大量的性能下降，甚至在基本的网络负载下，也会降低到线速的20%。使用带有不确定性芯片组的路由器网络需要额外的路由器层或路由器配对来补偿性能，这会提高TCO。使用基于FP4的路由器，可以根据严格的规则和策略设计网络，这些规则和策略将在所有服务组合和使用环境中都有效。基于FP4的路由器可以在更小的占地面积内做更多的事情，从而降低气候驱动网络设计的总体拥有成本。

### 系统寿命

系统驱动的创新是以长寿为目标的。从尽量减少原材料和组件的使用以及碳足迹到制造新的硬件，延长基于FP的路由器和线路卡的使用寿命将对环境的影响降至最低，并显著降低总体拥有成本。

经过四代FP芯片的验证，每一代都支持无缝向后的兼容性，在许多情况下可将部署系统的产品寿命延长到10年以上。



FP芯片的可编程性以及与其业务路由器操作系统的无缝集成确保了新协议和功能的快速适应，以最小化或消除对新硬件的需求。

这些设计的选择意味着，在7750 SR 和7950 XRS上添加新一代芯片、容量和容量增强功能是现场可扩展的，并且对环境友好。

### 动态功率效率

诺基亚FP4芯片组和创新的7750 SR 和 7950 XR S产品组合提供动态能效。IP路由的电源效率是自动的，能够快速适应较低的功耗，这在业界无与伦比的。

通过自下而上的工程设计，诺基亚的路由器具有几项“永不停机”的节能效率，使我们在路由器节能设计处于前沿。不需要命令设置或模式来启用它们，每个系统自动调整，以在所有网络负载下以最节能的方式运行。

这与要求最终用户识别数据片并手动将每个数据片放入省电模式的竞争产品形成了对比。无论是从操作角度还是从维护角度来看，它们的方法都很复杂，并且很容易被忽略。

### FP4芯片组效率

与400 Gb/s FP3芯片相比，诺基亚3.0 Tb/s FP4芯片将功耗降低了一半（每Tb）。FP4芯片采用了一种独立的、完全缓存的芯片组结构。这种结构使线路卡设计具有更少的FP4复合体和每个板上更少的组件，从而降低功耗。

FP4内存结构非常节能，存储器可以实现确定性性能。与部分缓存或入口缓存优化的asic相比，FP4具有完全缓存，提供了优越的上下游吞吐量，特别是对于流量激增、重路由、端口故障和光纤切断等场景。

这些创新降低了功耗，在任何情况下都具有可预测的性能，能够正确规划网络增长和性能，并且能够跨设计寿命为10年的平台进行升级。

### License效率

FP4 随增长付费容量License提供多个级别的转发容量和每个线卡的活动端口数。这种License灵活性提供了灵活的入口点的选择和扩展容量以满足不断变化的需求的能力。使用基于FP4的线卡设计，功耗随License证级别而变化。当额外的转发容量和端口被激活时，功耗会成比例地增加。此外，FP4的核心时钟频率被调低，P和Q芯片之间的SERDES链路被停用，以节省更多的功率。对于插入到系统中供日后调试的线路卡，可通过保持卡复位来实现节电。当只有一小部分线卡在使用时，License证和这些节能创新的结合从根本上降低了功耗。

为满足未来的网络需求，运营商可以通过软件就地扩展容量。这延长了硬件的使用寿命，并消除了在现场进行任何更改时卡车运输产生的排放。



## 散热效率

诺基亚7750 SR-s 系列的创新线卡设计将气流效率提升到新的水平。由于没有堆叠的光机架，并且元件分布在顶部和底部的双面电路板，因此为顶部和底部元件创建了专用的空气散热通道。这种设计提高能源效率，减少组件预热，甚至散热到所有机架。它还支持优越的光学性能和更高功率的20W 400G ZR/ZR+光模块在所有机架位置。

竞争对手设计的单面电路板和堆叠的机架是挑战，以支持这些高密度光模块需要显著较低的散热设计点为每机架散热。

最终的结果是，竞争的设计不仅消耗了一个数量级以上的功率来散热 400G 的 ZR/ZR+，而且在向800G 及更高的光模块发展机械散热上面临挑战。

7750 SR-7s/SR-14s 系列机框式路由器系统采用正交直连设计，提供直通、无障碍的前后气流。无需空气转向，这种设计降低了风扇转速，降低了风扇功耗。

总的来说，这些措施降低了功耗，降低了正常运行期间的风扇转速，改善了光学性能。

## 互联路由器效率

7250 IXR 提供了市场上最通用的大规模互联产品组合。它提供了比竞争产品更多的容量选项，允许运营商选择“合适大小”的容量选项，从而更好地满足成本/性能目标，并通过更大系统来节省电力。

7250 IXR-6和7250 IXR-10路由器进行了电源优化，提供用于抑制电磁干扰的法拉第机架设计。使用蜂窝状网，最大限度地提高气流，从而改善散热和降低功耗。诺基亚还提供了专门的工具来清洁蜂窝网，以确保适当的气流和最佳性能。

7250 IXR-X1 和 7250 IXR-Xs通过卓越的设计提供卓越的性能和节能。这些系统提供极低的每千兆瓦性能，IXR-X1为0.08 W/Gb，7250 IXR-Xs为0.06 W/Gb。

7250 IXR-e 系列路由器的设计考虑到最大的节能。尤其在系统架构的设计，节能7250 IXR-e设计最大限度地减少了外部组件，与同类竞争平台相比，提供更简单的设计，增加组件的使用寿命，从而增加可靠性。

相比之下，一些使用同一种商用芯片的竞争产品选择通过添加许多外部组件（包括分组芯片组上的定时）来补偿其系统设计以及每个以太网端口上的外部物理设备。这种设计选择提高了功耗和运营成本。

7250 IXR-e 路由器通过紧凑的系统设计（为气流提供更大的间隙，并符合ETSI 300 mm机柜的要求）实现了卓越的散热和更好的气流，从而降低了散热功耗。7250 IXR-e 系列还提供空闲时自动节能，从而在不使用时消耗最小的功率。路由器的功耗取决于使用中线路的流量负荷率和环境运行温度对散热风扇使用的影响量。7250 IXR-e 系列散热风扇采用智能化设计，在条件允许的情况下，可节省电能。这也有利于提高路由器的使用寿命，从而更好地保护投资和减少网络浪费。

运营商总是在寻找进一步减少排放的方法。为了帮助运营商实现网络零排放，诺基亚的路由器通过先进的功能和领先的解决方案实现网络级节能。

### 400G IP和光集成

400G ZR和400G ZR+相干光路由器的出现为运营商优化IP和光网络设计提供了机会。虽然摩尔定律提供了更节能的芯片驱动，但它确实需要更多的能量在电层（L1到L3）传输），而不是在光层（无源DWDM传输）。由于电层和光层之间的IP和光接口转换消耗大量的功率，因此节能网络设计需要最小化端到端数据路径中的路由器跳数和光层的传输比特数。

利用基于FP4的高性能路由器和诺基亚1830 PSS，通过多层IP和光网络设计实现了显著的节能。其指导原则是在最经济的层面上转发和保护流量。在IP路由和电层对速率较低的1GE到100GE的业务流进行梳理，而大于100G的业务流则在光层进行最有效的路由和传输。IP和光网络协调可以帮助最小化OEO转换，并确定最具成本效益和能源效益的传输选择。1830 PSS DWDM传输系统提供最低的成本/位/公里，CDC-F ROADM是用于路由和保护100Gb/s及以上的汇聚业务流作为相干波长最节能的的解决方案。

### 业务融合

业务融合，即能够将单独的网络转变为单一的回程和核心网络，从而减少了网元的数量。

然而，业务融合需要具有复杂QoS、OAM和同步的高性能芯片。基于FP4的高性能路由器正是为此而设计的。单个路由器支持全谱路由需求，以满足多个要求苛刻的网络角色，包括IP网关、提供商边缘VPN、DCI、互联网/对等和核心。这大大减少了网元的数量，从而实现了巨大的节能并降低了TCO。

具有不确定性芯片组的竞争路由器在性能和规模之间进行权衡。随着服务和复杂的数据包密集型处理的扩展，吞吐量可能会根据流量模式而变得零星。他们的设计继承了一个专注于数据中心的芯片组，该芯片组是单一角色，并努力与服务融合。这可能会强制网络覆盖或附加更强大的平台来弥补数据包推送方面的智能不足。

### 智能汇聚

基于FP4的高性能路由器提供了使用智能扇入/扇出（iFIFO）以异常智能的方式汇聚流量的能力。此功能允许基于FP4的线卡支持从2.5到3倍的汇聚端口到线卡转发容量的超大容量。

这种创新的汇聚方法允许将多个网络层折叠成单个层。这大大减少了网元的数量，从而大大节省了电能，并节省了传统 Leaf/Spine 拓扑的三分之一的成本，从而显著降低了总体拥有成本。

更重要的是，iFIFO的使用非常省电。例如，同样的线卡，当最大限度地部署在7750 SR-14s中时，将降低65%的瓦特/千兆，从而实现巨大的节能。



如果竞争解决方案不支持本机汇聚，或者在过度订阅时会不加区别地丢弃流量，那么FP4总是确定性的，并且完全基于严格的QoS优先级进行调度。

### IP网络安全：DDoS防护

基于FP4的高性能路由器提供了增强的数据包智能，支持一种可扩展且经济高效的方法来保护IP网络基础设施免受DDoS攻击。FP4集成DDoS过滤允许运营商检测和过滤周边的DDoS流量，而不是将其回送到清洗中心进行处理。

清洗直通式DDoS流量可以节省大量的带宽成本，包括功耗成本和额外网元和安全设备的成本，以获得更低的总体拥有成本。

### 网络优化与保障

NSP管理整个业务路由器组合和1830 PSS，支持IP和光跨域管理和SDN路径计算，提供帮助运营商优化和确保网络资源的工具。通过路由器提供先进实时遥测模型，NSP可以计算最佳的多层路径，并在多个域中传输流量，以满足链路带宽、延迟和恢复目标。为确保出现问题时，NSP还在纠正路径问题时跨多个域优化网络资源。通过最大化IP和光网络资源，减少了网元的数量，延迟容量升级的需要，从而大大降低网络的功耗。通过业务路由器产品组合上的零接触操作，网元上的软件升级和配置更改是自动化的，消除了卡车运输产生的排放。

## 总结

诺基亚在应对气候变化的可持续发展方面处于全球领先地位。我们致力于减少排放，减少我们业务的碳足迹。通过环保设计、循环经济原则和节能产品创新等举措，诺基亚致力于帮助网络运营商将温室气体排放降至最低。

随着数字网络成为世界通信的重要生命线，人们对网络质量和可用性的期望从未如此之高。IP网络的设计必须满足所有业务条件下的性能要求，同时必须是节能的。诺基亚业务路由器产品组合的气候驱动创新在两个方面都发挥了作用。

系统级创新包括全面的性能、久经考验的长寿设计选择和嵌入式效率，以降低功耗和网络拥有的总成本。为了更大程度地减少碳足迹，网络级解决方案通过领先的400G IP和光网络集成、业务汇聚、智能汇聚和IP网络安全、优化和保证解决方案实现了网络排放的净减少。

## 缩写

ACL	access control list
CDC-F	colorless, directionless, contentionless with flexible grid
DfE	Design for Environment
DWDM	dense wavelength division multiplexing
GHG	greenhouse gas
iFIFO	intelligent fan-in/fan-out
IXR	Interconnect Router
MPLS	Multiprotocol Label Switching
NSP	Network Services Platform
OEM	original equipment manufacturer
PHY	physical layer
PSS	Photonic Services Switch
QoS	quality of service
ROADM	reconfigurable optical add-drop multiplexer
SAR	Service Aggregation Router
SAS	Service Access Switch
SBT	Science Based Target
SR	Service Router
TCO	total cost of ownership
XRS	Extensible Routing System