

NOKIA



FP5·创“芯”的力量

目录

现代IP网络	3
卓越的IP网络新路由平台	3
现代IP网络的设计需求	4
创“芯”的力量	4
灵活的能力	5
速度与容量	7
网络安全	7
杰出能效	8
总结	8

NOKIA

现代IP网络

如今的网络环境充满了不确定性。我们工作、购物、学习和交流的方式发生了翻天覆地的变化。网络从未像今天一样，对我们的日常生活如此重要。进入到后疫情时代，在情况没有改变之前，全球已部署的网络需要适应这个“新常态”，同时还要继续承受现在的流量。

IP网络面临持续的挑战，我们不仅要看到IP网络对日常生活的积极影响，同时也要看到IP网络的潜力，它可以驱动新的业务模式并使之适应世界变化。将敏捷、网络安全和可持续性等特性植入网络并不是可有可无的，这是IP网络持续成功的必然要求。

5G、IoT、智能电网、智慧城市和数字化转型等市场驱动因素，与那些变化驱动的网络需求同步增加。维持增长、进行网络扩容以及提供最好的用户体验，与此同时还要最大化使用网络资源，这是一项艰巨的任务。当然，这是有能力的平台所追求的目标，同时也会带来最高的投资回报。

卓越的IP网络新路由平台

采用正确的架构元素，IP网络可以不受限制的扩展并且快速抓住新机会。诺基亚突破性的芯片创新一直改变着IP网络扩展的轨迹。

诺基亚FP5展现了网络处理器芯片(NP)在支持高性能路由方面又向前演进了一步。作为业界最大性能的NP，它以诺基亚在FP4发布中率先推出的巨大创新为基础，进一步集成，增加额外功能，提高吞吐量和端口速度，同时显著降低功耗。

基于NP的体系架构提供了一个完全可编程的数据路径，该路径可以通过软件下载进行简单的微码升级，以适应新的特性、功能和能力，并可扩展。它不同于固定功能的ASIC，后者有一个硬编码的管道，不能改变，只能通过软件包装。NP提供了市场上最高标准的网络升级能力，提供了任何芯片架构中最低的TCO。

FP5为驱动下一代高性能路由器成为未来网络的核心提供了基础。与FP4芯片相比，它在向下一代800G端口速度升级的同时实现了每线卡的吞吐量提高了3倍，功耗降低了75%以上。FP5为实现这一基础，还提供了全面的线速内存、领先的QoS和缓存机制、低延迟以及没有牺牲任何能力的完整IP/MPLS功能集。

IP网络对于日常生活至关重要，网络安全不应该事后才考虑。运营商不应该为了增加或启用网络安全而做出牺牲。这就是为什么我们通过ANYsec技术把线速加密和网络安全内置到FP5中。网络运营商应该拥有本地工具来缓解分布式拒绝服务(DDoS)攻击，使网络成为下一代安全解决方案的一部分。FP5支持基于签名特征的访问控制列表(ACL)来缓解DDoS，通过使用ACL深度检查数据包有效载荷来实现这一点。当支持典型的五元组ACL的系统通过过滤所有流量来完成DDoS攻击防护时，FP5提供



了真正将好流量从坏流量中过滤出来所需的智能。

基于FP5，诺基亚推出了新一代高性能路由器，在功耗降低和速度提升方面都超乎想象，并提供了高于行业预期和要求的功能和安全性。FP5绘制了一条实现卓越IP网络的全新路线，建设和运营世界上最现代化网络的服务提供商必将从中受益。

现代IP网络的设计需求

不断增长的网络需求正在推动新一代路由平台以应对挑战，这样的增长一定会超越现有的规模或容量。路由器不应该为了快速运行而变“傻”，因此芯片的能力至关重要。为此，可视性和控制、可升级性、向后兼容性、领先的QoS能力和安全性必须在一代又一代的路由平台发展中与速度和吞吐量的提高相结合。

运营商需要对其网络具备可视性和控制能力，这基于针对所有数据流类型--单播流量、组多播流量、MPLS、segment routing以及其它流量的大量统计数据。网络扩展性必须继续保持高水平和多维性，以便ACL、MPLS、IP和MAC地址都可以同时扩展。为了另外一个维度的考量而在某个维度上对网络扩展进行折衷处理，是一种妥协的方法，从长期来看会限制网络的增长。同时，在所有负载条件下，性能必须具有确定性和可预测性，这只能通过针对缓存和表内存全面使用线速内存来实现。

提高网络竞争力和减少经常性资本支出 (CAPEX) 的关键驱动因素是适应新网络标准的灵活性。现代路由器的设计不仅必须保证其针对表容量的增长具有较长的生命周期，以及在不升级芯片的情况下在硬件中实现新的性能特性的能力，而且还必须能够应对未知的未来需求，如SRv6 G-SID或切片-ID。

降低能耗成本同样是所有网络运营商的最高要求，也是FP5的基本宗旨。FP5的能力，如支持智能汇聚和800G光模块，有助于实现超低功耗。

由现代IP网络的这些关键设计要求驱动并设计，FP5芯片满足这些关键设计要求。

创“芯”的力量

通过FP5，诺基亚通过灵活的功能、网络安全、可扩展的容量和杰出能效展示了芯片创新的力量。多年来，诺基亚创造了一系列令人印象深刻的行业第一，FP5延续了这一传统。

FP5 设计的领先性

- 4.8 Tb/s, 业界最大性能的网络处理器 (NPU), 2.5D封装系统 (SiP) 结构
- 首个支持100G SERDES的NPU, 实现了能效和支持下一代光模块的飞跃
- 业界最大性能的使用线速内存的芯片, 在完全确定的配置下, 针对缓存和表内存都使用线速内存



- 第一个具有L2、L2.5和L3嵌入式线速网络加密的NPU
- 首个支持多个1.6 Tb/s 数据流净通道
- 首个以高密度、容量优化配置支持800GE接口
- 唯一支持增强数据包智能和控制技术的下一代网络处理器，用于基于芯片的IP网络安全方法
- 唯一不以牺牲容量为代价在性能和功能上互不妥协的下一代网络处理器

FP5 芯片的好处

- 与诺基亚FP4芯片相比，诺基亚7750 SR-s的容量增加了3倍
- 与诺基亚FP4芯片相比，功耗降低75%
- 任意接口下的线速ANYsec加密服务，不影响性能
- 精确的攻击感知和DDoS攻击缓解组件，不影响性能
- 高度可编程，没有任何硬编码转发逻辑
- 与芯片集成的完全缓存架构，入向和出向缓存均使用线速内存
- 面向未来增长的多维扩展，支持所有表项（L2、MPLS、IPv4/v6、ACL）的并行扩展
- 支持400G ZR/ZR+、800G和1.6 Tb/s的速度
- 具有QoS预处理、预分类、预缓存和一级DDoS防护和加密的外部MAC ASIC

灵活的能力

高度可编程

FP5的NPU架构提供了一个完全可编程的数据路径，没有硬编码的转发逻辑。每个逻辑核心没有特殊的引擎，核心能以不同的配置重新排列，以添加或增强性能逻辑。这使得FP5极易适应和升级，以满足未来的网络需求。

SRv6的G-SID压缩和切片ID是两个正在发展的网络标准，而可编程管道有利于支持这样的技术。这些功能只需通过软件下载进行简单的微码升级即可在硬件中启用。因此，这种可编程性提供了当今市场上所有芯片中最低的TCO。

确定性性能

在所有的网络负载条件下，FP5对于所有查表和缓存的性能都是确定的，这给全规模和真实网络条件下提供了确定性，这些都是通过数据包处理器中集成的智能内存以及业界最快的缓存来实现的。相对于业内其它依靠非线速内存进行缓存、查表或两者兼有的数据包处理器，FP5的内存实现是最好的。在所有网络负载条件下，线速内存系统的性能总是优于非线速内存系统。FP5使用深度的线速的入向和出向缓冲内存来保持完全缓存机制。在数据包处理器前面继续支持完整的数据包预分类和预缓存，确



保所有关键数据流的性能达到更高水平。

向后兼容的设计

FP5已实现完全向后兼容。FP4和FP5可以在同一个机箱中同时组合使用线路卡，以全线速运行。因为完全向后兼容性是每一代FP的一个关键原则，FP5提供了完整的功能和可扩展能力的互操作性，没有互操作警告。

当系统升级到FP5时，芯片和系统设计不需要额外的电源或风扇升级。实现向更高容量、吞吐量和端口速度迁移，可以完全保留所有主要FP4投资。

智能汇聚

智能汇聚允许任何基于FP5的系统经济高效地汇聚超出已交付线路卡转发容量的端口容量，依靠QoS和数据包优先级保证以确定性方式进行汇聚。我们最大容量的FP5配置支持高达全双工19.2 Tb/s的智能汇聚。市场上的许多芯片试图通过非线性内存提供类似的功能，并且当内存性能被超出后，仍误以为在线速完全转发，但这不是FP5采用的方法。

在汇聚时使用相关配置，智能汇聚允许在我们的数据包处理器前面进行充分的预缓冲和预分类，从而保证QoS。它使基于FP5的系统能够节省系统前面的汇聚层，或者如果边缘或核心节点上的端口数量有限，则在不添加更多线路卡的情况下扩展可用端口的数量，并在所有网络负载条件下继续以完全确定性的方式保证性能。因此，智能汇聚可以成为资本支出（CAPEX）和运营支出（OPEX）节约的重要驱动因素。

平台带宽和许可按需付费

全双工19.2 Tb/s的线卡容量巨大，并非所有站点都需要。我们认识到，网络不仅需要扩大，也需要缩小，我们已经在一系列平台上使用了FP5，线卡容量覆盖从全双工2.4 Tb/s到全双工19.2 Tb/s。

诺基亚提供灵活的“随增长按需付费”许可模式，该模式为即时需求提供了入门选择，并能够通过软件升级来满足不断变化的需求。运营商可以从开始就使用800G端口，或者使用简单的不影响服务的许可证在以后启用800G端口。他们可以从一个全双工9.6 Tb/s的独立系统开始，并在容量需求增加时将其扩展到全双工14.4 Tb/s或全双工19.2 Tb/s。对于FP5，当操作员通过许可方法选择降低性能时，结果不仅是期望的吞吐量，而且功耗也会按同样比例降低。FP5采用可调核心时钟频率设计，以调整功率来匹配性能。

其结果是一个系统能够满足精确的性能、规模和功能要求，同时具有适当的功率配置和适当的经济性。

NOKIA

速度与容量

FP5是市场上第一款无需进一步硬件或交换矩阵升级即可提供多达48个QSFP-DD 800端口的ASIC。800G接口的经济性趋向于与两个400G光接口相当，但800G光模块将比400G节省功耗25%至43%。随着系统变得越来越高密度，仅与光模块相关的功耗就占总功耗的很大一部分。使用800G光模块比400G会改善功耗。

FP5支持FlexE 2.0标准的“超级速率”——现在就支持将多个100GE、200GE和400GE接口组合成一个1.6Tb/s净通道的能力，远远提前于标准化的1.6T光接口进程。超级速率通道能够充分利用捆绑端口中的所有带宽，而不存在哈希或链路聚合组（LAG）的低效性，从而大大简化了网络拓扑。此外，诺基亚FlexE 2.0捆绑功能在最高达1.6 Tb/s速度的净通道上仍支持完整的QoS以及捆绑冗余和服务灵活性。

800G光模块和1.6 Tb/s 数据流通道的支持清楚地证明了FP5适应未来网络速度的前瞻性能力。

网络安全

ANYsec 线速加密

网络安全不再是IP网络设计和部署中的事后考虑。运营商必须转向端到端网络安全的整体方法，避免与零碎的MACsec或IPsec解决方案进行折衷。FP5 芯片启用ANYsec为L2、L2.5和L3流量提供通用、低延迟、线速加密。ANYsec可应用于任何传输方式，速度不限（10 Gb/s、25 Gb/s、100 Gb/s、200 Gb/s、400 Gb/s、800 Gb/s、1.6 Tb/s），并且在任何FP5的线卡接口上支持。它超越了MACsec，支持以面向服务的方式提供MPLS和IP级别的线速加密，可以逐跳部署或端到端以安全overlay方式部署。它可与网络中的所有传统设备完全互操作，允许通过任何FP5到FP5路径进行安全传输。

ANYsec是面向服务的：它运行在MPLS、segment routing、以太网虚拟专用网（EVPN）、边界网关协议（BGP）和任何内部网关协议（IGP）上。因此，它提供了一种真正的统一能力，不仅能够保护网络内的内部链路，防止坏人或中间人攻击，而且能够为敏感或关键任务数据的安全传输提供新的服务和创收。

多层次 DDoS 缓解

为了自动识别和消除DDoS攻击，基于FP5的7750 SR路由器可以与诺基亚Deepfield Defender的软件分析相结合。使用7750 SR上的诺基亚业务路由器操作系统（SR OS）的Telemetry技术持续监控和调整安全策略。借助Deepfield Defender中的自动化工作流程，数万个FP5过滤条件可在几秒钟内更新，毫不延迟地响应不断变化的安全条件。与DDoS缓解相关的过滤条件是基于签名特征的ACL。基



于签名特征的ACL超越了通过影响所有流量完成DDoS攻击防护的典型五元组ACL。相反，它们以线速提供有效载荷级别的深度检查功能，以真正过滤DDoS流量。

领先的控制平面保护

现实世界中存在微爆流、威胁攻击和数据包风暴，但不能允许这些破坏IP路由器控制平面。基于FP5的路由器线卡在专用MAC芯片中实现预缓存和预分类（带有优先级标记）能力，以保证控制平面的可用性和保护控制面。此外，基于诺基亚FP的路由器利用路由器控制卡中的FP芯片，对发送到控制平面CPU的流量启用集中速率限制功能。

杰出能效

随着非线性速系统的普及，许多运营商认为，为了提高能效，系统必须牺牲容量。换句话说，系统必须有所牺牲才能快速运行。谬误在于必须牺牲性能、统计数据、网络可视性、缓存、QoS和确定性性能来节省电力，同时提高吞吐量。

FP5改变了游戏。通过完全可升级的NPU架构提供0.1W/Gig的典型功耗、全功能、无处不在的线速内存以及完全缓存机制，FP5系统提供了与简易核心和商用芯片系统相同的功耗水平，但没有功能特性和性能的折衷。

FP5采用了芯片和路由器设计的整体方法。避免重复使用特定于数据中心的机箱设计，FP5的机械设计使用90%开放的六边形网格进气口，在无空气转向的情况下提供一流的冷却效果。功率密度优化、100G SERDES和FP5分解芯片组体系结构中的芯片组整合也促进了功耗节约。总的来说，这些设计考虑因素使芯片功耗比上一代减少了75%。FP5的系统升级不需要更改电源设施，因为满载的FP5系统与满载的FP4系统所需要配置的电源相当。

电力消耗和可持续性发展是每个网络运营商最关心的问题。基于FP5的7750 SR系统的节能设计通过减少排放提高了IP网络的可持续性。

总结

未来的IP网络设计必须能够适应未知状况。诺基亚FP5芯片通过灵活的能力、网络安全、可扩展的容量和杰出能效实现了强大的芯片创新。FP5具有从全双工2.4 Tb/s 扩展到14.4 Tb/s，并通过智能汇聚和灵活的许可选项扩展到19.2 Tb/s的系统和线卡，可提供全方位容量和物理尺寸的系统，以适应精确的网络要求。我们率先推出高密度800G光接口，在400G以上实现了显著的节能，并降低了光功耗。

FP5具有完全可编程能力，无论是针对查表还是缓存，都采用无处不在的线速内存。FP5在设计时就考虑了确定性，在所有负载条件下提供确定性。这覆盖了各种ACL、服务和所有扩展性级别的情况。



在FP5的发展过程中，每一步都采用了一种毫不妥协的设计方法。作为结果，FP5以0.1W/Gig功耗完成上述所有能力的全功能实现。

基于FP5，我们专注于创新和交付核心技术，并为客户的未来打造正确的基础。这些基础解决了一些我们知道的挑战，例如需要为越来越复杂和要求更高的网络服务更有效地提供更多带宽，但我们也面临着无法预测的挑战，但我们通过提供面向未来的芯片，描绘了一条全新的道路，可以实现卓越的IP网络。