

# 5G专网场景下的DPI部署方案研究

## Research on DPI Deployment Scheme in 5G Private Network Scenario

文涛,谭蓓(中讯邮电咨询设计院有限公司郑州分公司,河南 郑州,450007)

Wen Tao, Tan Bei (China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd. Zhengzhou Branch, Zhengzhou 450007, China)

### 摘要:

随着5G专网的日益普及,越来越多的行业客户提出了5G专网场景下的DPI部署需求,期望通过部署DPI实现更精准的网络维护优化以及终端业务控制。在分析DPI架构及5G专网架构的基础上,结合5G专网客户的典型DPI需求,提出了5G专网场景下的DPI部署建议。

### 关键词:

5G专网;DPI部署;xDR;业务识别;策略控制

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2025.02.007

文章编号:1007-3043(2025)02-0037-05

中图分类号:TN919

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Abstract:

With the pushing forward of 5G private networks, more and more industry customers begin to pay attention to the deployment of DPI in 5G private networks, and expects to realize more accurate network maintenance & optimization and more accurate control of user equipments through the deployment of DPI. Based on the analysis of DPI architecture and 5G private network architecture, combined with the typical DPI requirements of 5G private network customers, it proposes DPI deployment suggestions for the 5G private network scenario.

### Keywords:

5G private network; DPI deployment; xDR; Traffic identification; Policy control

引用格式:文涛,谭蓓. 5G专网场景下的DPI部署方案研究[J]. 邮电设计技术, 2025(2):37-41.

## 0 引言

工业和信息化部等部门陆续发布《5G应用“扬帆”行动计划》《5G全连接工厂建设指南》等一系列指导文件,为5G专网在垂直行业的规模部署吹响了号角。垂直行业客户开始越来越多的关注到5G网络以及自身业务对5G网络的需求,期望通过部署5G专网来提高生产效率、创新创造价值、实现行业引领。在5G专网逐渐向行业部署渗透后,行业客户对专网网络以及其所承载业务的监控及管控的需求日益突出。在此背景下,深度包检测(DPI)作为运营商常用的网络运营

管控手段,开始更多地作为5G专网在客户侧的配套建设内容,被提上了部署议程。

## 1 DPI架构及主要部署模式

### 1.1 DPI技术及应用

DPI技术是一种面向网络上所传输的数据包的检测分析及控制技术。DPI技术通过侦听网络关键点处的流量,对流量的不同层信息进行深度检测和分析,同时预定义流量的统计分析和控制策略,从而实现网络运营方对网络进行精准监管和控制的目的。DPI技术可以检测和解析各个通信协议层的网络流量,常用的检测和解析内容包括源/目的IP地址、端口号、传输层及应用层协议、流量的业务净荷内容等<sup>[1]</sup>。在计算

收稿日期:2025-01-06

机及通信网络中,DPI技术被广泛应用于移动互联网(3G/4G/5G)、宽带互联网、数据承载网等网络环境。

## 1.2 DPI系统主要部署模式

在实际应用中,DPI系统一般会根据业务需求,采用并联或串联2种模式进行网络部署(见图1)。

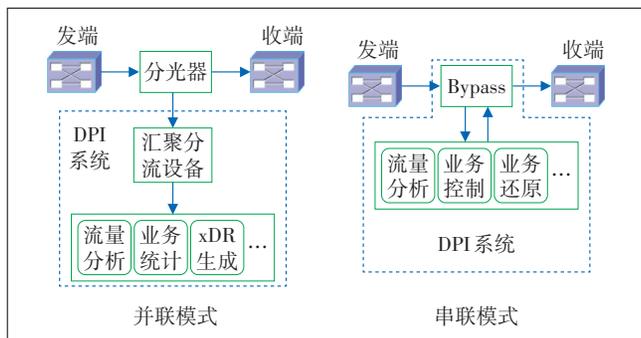


图1 DPI系统部署模式

a) 并联模式。一般通过在网络接口上设置1:N的分光设备,将目标接口流量分光复制N份,其中1份不做处理直接送回原接口,其余按需送至相关的流量解析系统。并联模式可靠性高,对目标接口业务无影响,且由于是物理上的复制,对解析设备的实时解析及控制性能要求低,在网络中使用最为普遍。

b) 串联模式。一般会把DPI解析设备直接串接在相关的接口流量通路上,在对流量进行相关控制和处理之后再送回原接口。串联模式能够及时地阻断和处理流量,可更好地实现对目标接口流量的实时控制。相应地,串联模式直接对流量进行处理的方式增加了数据转发时延,会在一定程度上影响用户端到端的业务体验;同时,为了避免串联的DPI设备故障所带来的接口流量中断,串联模式一般还需要部署故障放通(Bypass)设备,在串联的DPI解析设备故障时直接放通流量,以减少在设备升级或故障时对业务的影响。

## 2 5G专网场景下的DPI部署需求

据不完全统计,目前国内几大运营商为垂直行业客户部署的5G专网项目数量已经超过了3000个,5G专网承担起了各大行业的数字化转型、老旧生产线“剪辫子”、IT+CT+OT融合、端到端全连接打造等一系列的任务。5G专网正在以“新基建”的角色,逐步嵌入到各企业的生产建设流程中。与企业自建的Wi-Fi+本地交换的传统局域专网相比,5G专网具有覆盖范围更广、稳定性更好、支持终端连接数更多、带宽更大、时延更低、网络安全性更强等显著优点,可以更好地

满足企业生产及管理的用网需求,更好地实现对千行百业的网络赋能,因此得到了日益广泛的应用。

随着5G专网建设的推广,行业客户对5G专网以及专网上所承载的生产、业务、流程的监控、管理需求日益迫切。通信运营商可以通过部署专网专用的网管系统来帮助行业客户实现对专网基站、UPF、5G核心网等的监控和管理,但是专网网管一般仅管理基础通信网元及网络本身,对于客户最关心的专网上所承载的生产业务,由于其流量并不会传递至网管系统,因此专网网管并不具备相应的监控和管理能力<sup>[2]</sup>。

基于以上背景,在运营商拓展5G专网的过程中,DPI作为运营商传统的监管网络、分析控制业务流量的手段,在越来越多客户的主动要求下被提上了部署议程。当前,行业客户期望通过部署DPI系统达到如下几方面的效果。

a) 网络质量监控。通过DPI系统,对5G专网控制面及用户面的接口流量信息进行采集和关联分析,用于网络连接拓扑呈现、网络连接数量及质量分析、网络路径还原和网络故障定界等,以DPI系统深度嵌入网络的方式,实时掌握专网运行状况状态,获得比传统网管更精准的网络质量分析效果。

b) 终端连接分析。通过DPI系统,对连接到5G专网上的终端状态进行统计分析,并生成相应的xDR日志,包括不同时间点及不同业务子场景下终端的连接状态(正常、劣化、中断)、连接数、使用状态、访问的业务等,帮助企业及时掌控生产终端的运行情况。

c) 终端实时业务控制。将DPI系统直接串联嵌入网络接口及流程中,实时监控业务流量,获得流量报文所携带的地址、端口、传输协议、应用协议及设备类型等报文特征信息。根据报文特征,获得当前流量的应用类型(如网页浏览、视频、下载等)、用户归属的用户组类型、访问的业务地址、使用的网络切片等信息,并通过预置或者实时设定的控制策略(如限速、重定向、头增强、丢弃等),对当前流量执行相关操作,从而达到实时控制业务的目的。

## 3 典型专网场景下的DPI部署模式

根据工信部《5G全连接工厂建设指南》,当前5G专网的部署一般包括虚拟专网、混合专网、独立专网3种模式。

a) 虚拟专网。多个行业客户复用运营商无线网、承载网、核心网资源,不同行业客户间通过切片、QoS、

DNN 等方式进行网络隔离, 以保障获得的虚拟网络资源。

b) 混合专网。部分资源为某个行业客户独享, 其他资源复用运营商大网的专网部署方式。目前使用最广泛的是 UPF 网元下沉到客户园区为客户独享, 无线网、5GC 等复用运营商大网资源的专网模式。

c) 独立专网。无线网、核心网等均为某个行业客户独享的专网部署方式。

### 3.1 虚拟专网场景下的 DPI 部署

虚拟专网场景下, 客户没有专用的网元, 一般情况下客户对网络的控制需求也并不强烈, 部分虚拟专网客户可能存在对终端业务连接情况及业务使用情况的统计分析需求。

虚拟专网场景下, 运营商可以参照大网 DPI 的部署模式, 在虚拟专网 UPF 的 N6 接口部署 DPI 设备, 同时与大网既有的 5GC 控制面 DPI 系统结合, 关联输出 xDR 数据, 基于 xDR 数据进行相应的终端业务连接及业务使用情况分析, 并以客户自服务系统的形式为客户提供公网的访问及查询能力<sup>[3]</sup>(见图 2)。

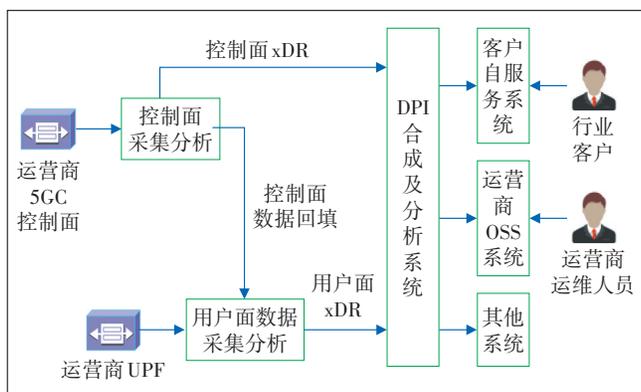


图2 虚拟专网场景 DPI 部署模式

虚拟专网场景下的 DPI 部署较为简单, 给运营商网络带来的安全风险较小, 不同行业客户复用度高, 单客户造价较低, 因此更加适用于对网络及业务把控度要求不高的小型客户, 可以满足客户基本的连接统计分析需求。

### 3.2 混合专网场景下的 DPI 部署

典型的混合专网场景下, 客户侧一般会部署专享的 5G 用户面网元 UPF, 而混合专网客户对于网络及业务流量的控制需求较虚拟专网也会有所不同。针对客户不同的需求, 混合专网场景需要有不同的 DPI 部署模式<sup>[4]</sup>。

#### 3.2.1 用于网络质量监控及终端连接分析的 DPI 系统

#### 部署

对于客户的网络质量监控及终端连接分析需求, 其 DPI 部署模式可以参照大网及虚拟专网的部署模式, 在客户 UPF 的 N6 接口部署 DPI 设备, 同时与大网信令面 DPI 系统结合, 关联输出 xDR 数据, 并结合客户需求对 xDR 数据进行分析, 输出相应的网络质量及终端连接分析指标。在混合专网场景下, 客户自服务系统一般应按需定制并结合客户要求本地化部署在客户侧机房, 对于不敏感的 xDR 数据, 可以再酌情回传至运营商大网 DPI 系统<sup>[5]</sup>(见图 3)。

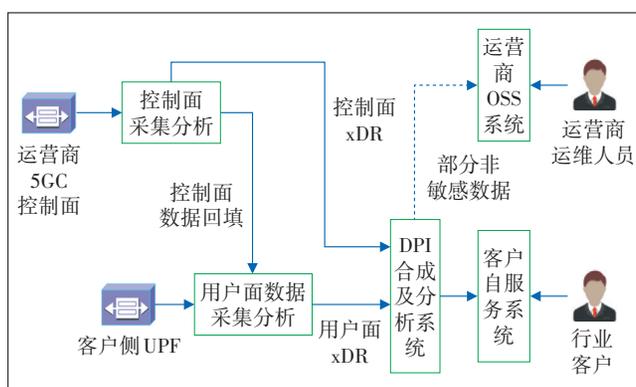


图3 混合专网网络监控及连接分析 DPI 系统部署

混合专网场景下, UPF 侧机房及承载网条件相对较差, 因此 DPI 系统部署复杂度相比虚拟专网场景较高。同时, 由于需要本地化采集部署和合成分析, DPI 系统造价会相对较高。但用于网络质量监控及终端连接分析的 DPI 系统本身并不涉及对业务流量的深度解析和控制, 其网络安全风险也相对较小, 更加适用于中小型行业客户场景。

#### 3.2.2 用于终端实时业务控制的 DPI 系统部署

对于 2B 专网, 接入专网的终端一般只执行特定的生产任务, 如产品制造、厂区监控、特定路线的巡检及运送等, 终端经网络传送的数据较为单一, 行业客户多关心终端的连接状态, 对终端无特殊的实时业务控制需求。对于 2C 专网, 接入专网的终端随时可能访问内网、公网的各种业务, 如进行网页浏览、视频影像观看、文档上传下载等, 行业客户除了关心终端的连接状态之外, 往往还需要对终端的实时业务进行鉴别、限制或者控制, 这对 DPI 系统提出了更高的业务解析和实时控制要求。

在 2C 专网场景下, 如需对终端进行实时的业务控制, 应与 UPF 协同部署流量分析及控制系统, 构建业务流量实时分析及策略控制能力(见图 4)。

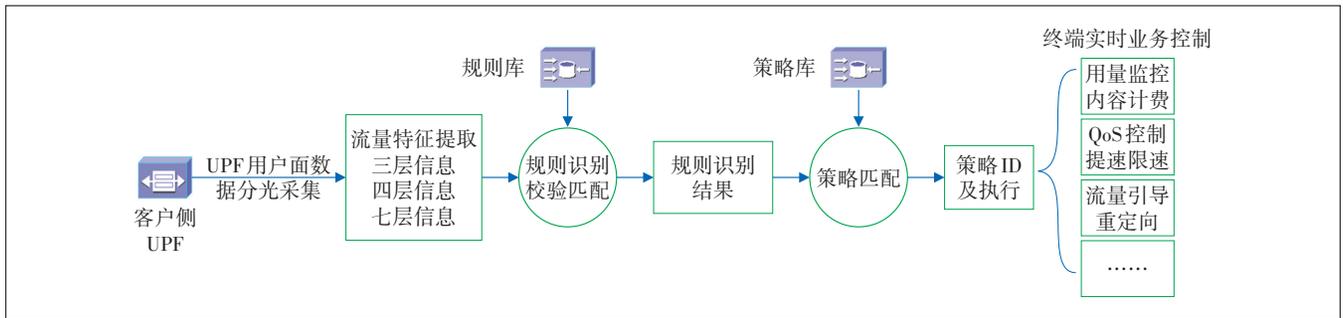


图4 终端实时业务控制 DPI 系统部署

a) DPI 分析。

(a) 首先需要定义 DPI 规则, 确定需要识别的业务特征, 如客户侧目标服务器的 IP 地址或 IP 地址范围、业务采用的传输层协议以及知名端口、七层协议类型以及应用层关键特征 (如 HTTP 业务中的 URL、FTP 下载的文件名称) 等。

(b) DPI 规则制定完成后需要与特定的业务进行协同, 编译为规则库。

(c) 当从 UPF 的 N3/N6 接收到用户报文后, DPI 系统提取三/四/七层协议和业务信息, 并与规则库进行匹配, 得到匹配结果, 一般以应用 ID 来标识结果。

b) 实时流量策略控制。

(a) 首先需要定义策略控制规则, 确定需要进行策略控制的应用类型、在哪些 N3/N6 接口中实施策略控制、对哪些用户进行策略控制以及进行何种策略控制 (QoS 限制、计费、流量引导与控制) 等。

(b) DPI 系统与 UPF 协同。当 DPI 阶段识别出相应的流量后, 根据用户身份特征 (如 IMSI、MSISDN、

IMEI 等)、PDU 会话归属的切片和数据网络、用户归属的用户组, 来查找策略控制表, 得到策略 ID。

(c) 策略 ID 是一组策略的集合, 这些策略包括 QoS 控制策略、计费策略、流量引导和控制策略等, 最终由 UPF 来实施这些策略, 从而达到实时控制业务流量的目的。

从上述分析可以看出, 用于终端实时业务控制的 DPI 系统需要与 UPF 网元进行紧密的协同, 因此必须采用串联的模式部署在 UPF 的相关接口中。一般地, DPI 系统与 UPF 可以有 2 种结合模式 (见图 5), 在模式 1 中, DPI 系统作为 UPF 功能模块的一部分, 内嵌到 UPF 中; 在模式 2 中, DPI 系统仍作为外置系统, 与 UPF 进行实时交互。

模式 1 通过合理的架构设计, 可以减少业务流量的迂回, 提升业务控制响应的及时度, 但是可能会带来额外的 UPF 性能消耗, 降低 UPF 部署的轻量化和灵活性。因此, 在实际部署时, 更多的场景下推荐优先采用模式 2, 即 DPI 系统仍作为独立的外置系统, 结合

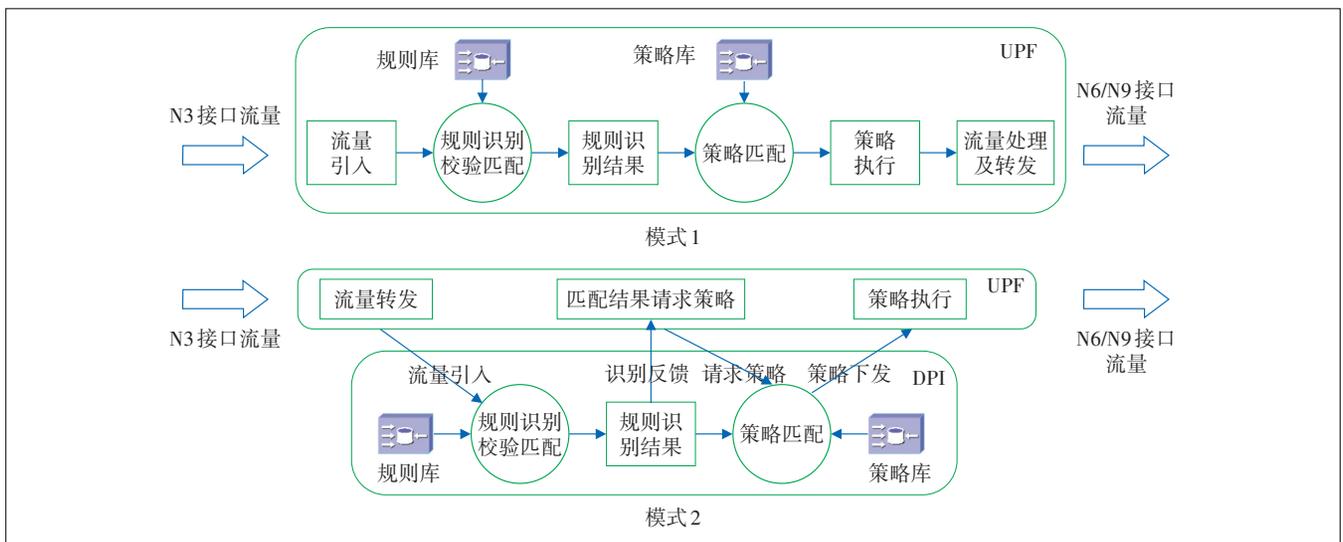


图5 DPI 系统与 UPF 交互模式

客户需求与UPF协同部署。

用于终端实时业务控制的DPI系统,由于需要对业务流量进行深度解析,所以需要结合客户的需求差异化定制业务识别规则及控制规则,其部署较其他场景而言更为复杂,造价也更高。对网络流量的控制行为相应地也会给业务带来一定的安全风险。因此,该场景的DPI系统更加适合对业务有精准控制需求的中大型行业客户。

### 3.3 独立专网场景下的DPI部署

在独立专网场景下,无线网、承载网、核心网均为客户专享,客户普遍存在对网络以及业务的自主控制需求,因此可以将全套信令面及用户面的DPI系统部署在客户侧,从而完成相应的管理及控制。同时,如果用户存在运营商代维的需求,也可以按需将客户侧DPI系统与运营商大网DPI对接,上报相关的数据,以供运营商协助客户进行网络的管理和分析<sup>[6]</sup>。

独立专网场景下需要部署全套的采集及分析控制设备,因此其部署复杂度最高,造价也最高。独立专网客户侧部署的网络一般与运营商网络高度隔离,因此不会给运营商网络带来过多的安全风险,更加适合在大型客户企业侧做专享型部署。

## 4 典型垂直行业的DPI部署模式建议

随着5G专网的部署,越来越多的行业需要通过DPI来辅助网络及业务控制,典型行业包括2B工业制造、智慧教育校园网、数字政务等。

### 4.1 2B工业制造场景下的DPI部署

在2B工业制造场景下,接入5G专网的设备多为协议单一、功能单一的工厂产线设备,客户对其进行复杂业务及流量控制的需求并不强,主要还是对设备连接状态、在网状态的监控及分析。因此,并联方式基本上可以满足该场景对DPI分析的需求,组网可以结合客户专网部署情况,采用如图2或图3所示的方式。

### 4.2 智慧教育校园网场景下的DPI部署

智慧校园网场景较为复杂,尤其是大中专院校的院区专网,院区内人员流动快、用户基数大、人员信息变更频繁,校园网管理人员普遍存在对接入校园网用户的认证、鉴权、业务访问控制的需求,因此校园网场景应考虑采用串联的方式来满足DPI分析需求。同时,由于校园网用户数量一般较多,而串联+内置方式的DPI一般会对UPF性能影响较大,所以建议优先考虑串联+外置方式来进行DPI业务部署。校园网场景

下的DPI部署组网可以参考图5所示的外置方式。

### 4.3 数字政务场景下的DPI部署

与校园网场景相比,数字政务管理人员对接入专网的用户存在更强的认证、鉴权及业务访问控制需求,而且数字政务对业务响应的及时性一般也有较高要求。因此,数字政务场景应考虑更多地采用串联+内置的方式来满足DPI业务需求,同时应重点关注DPI对UPF性能的影响,及时进行UPF软件容量及硬件资源的扩容。数字政务场景下的DPI部署组网可以参考图5所示的内置方式。

## 5 结束语

5G专网的规模部署使DPI系统的需求日益增多,本文结合5G专网及DPI系统的架构,提出了不同专网场景需求下DPI系统的部署模式建议,同时对3个专网热需行业提出了DPI部署架构建议。运营商可以基于本文所提出的建议,结合行业客户的具体需求,开展DPI能力的部署。未来,DPI系统的部署也可以基于本文中提出的几种架构模式按需进行演化,以满足更多行业客户更加个性化的DPI部署需求。

### 参考文献:

- [1] 王杉,王勇,丁雨明. 5G专网数据深度解析应用方案研究[J]. 邮电设计技术,2022(6):77-81.
- [2] ETSI. Multi-access edge computing (MEC);device application interface:ETSI GS MEC 016 V2.2.1[S/OL]. [2024-06-30]. [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_gs/MEC/001\\_099/016/02.02.01\\_60/gsmec016v020201p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/MEC/001_099/016/02.02.01_60/gsmec016v020201p.pdf).
- [3] 3GPP. System architecture for the 5G system (5GS):3GPP TS 23.501[S/OL]. [2022-01-22]. <ftp://3gpp.org/Specs/>.
- [4] 中国移动研究院. 5G Open UPF及N4接口解耦白皮书[R/OL]. [2024-06-30]. <https://max.book118.com/html/2021/0823/6154232132003235.shtml>.
- [5] 王斌,葛迪,李峙,等. 基于SA组网的5G网络信令数据采集方法探讨[J]. 邮电设计技术,2020(5):27-30.
- [6] 齐彦丽,周一青,刘玲,等. 融合移动边缘计算的未来5G移动通信网络[J]. 计算机研究与发展,2018,55(3):478-486.

### 作者简介:

文涛,高级工程师,硕士,主要从事边缘计算、核心网专业相关的规划咨询设计及网络技术跟进工作;谭蓓,高级工程师,硕士,主要从事云核心网专业相关的规划咨询研究设计工作。

