

基于新型宽带网络架构的 固移融合方案研究

Research on Fixed-Mobile Convergence Scheme Based on New Broadband Network Architecture

殷 博¹,白文其²,罗远源¹(1. 北京电信规划设计院有限公司,北京 100048;2. 中国联合网络通信集团有限公司,北京 100033)
Yin Bo¹,Bai Wenqi²,Luo Yuanyuan¹(1. Beijing Telecom Planning & Designing Institute Co.,Ltd.,Beijing 100048,China;2. China United Network Communications Group Co.,Ltd.,Beijing 100033,China)

摘 要:

为了满足用户移动终端远程访问家庭终端的业务需求,提出固移融合的方案。首先,针对用户需求及存在的问题,提出了采用新型BNC架构的解决思路。然后,通过分析BNC架构特点及能力,提出了3种固移融合解决方案,通过对比分析,确定采用BNC-UP部署SDK的方案。最后对该方案进行了实验室测试,测试结果满足预期需求。

关键词:

宽带核心网;固移融合;SDK

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2026.08.015

文章编号:1007-3043(2026)08-0086-07

中图分类号:TN913

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

To meet the business requirements of remote access to home terminals through mobile devices,a fixed-mobile convergence solution is proposed. Firstly,through analyzing user demands and existing limitations,a novel BNC architecture-based approach is presented. Subsequently,by examining the characteristics and capabilities of the BNC architecture,three fixed-mobile convergence solutions are proposed. Through comparative analysis,the BNC-UP SDK deployment solution is selected as optimal. Laboratory tests are conducted to validate this solution,and the results show that it successfully meets all specified requirements.

Keywords:

Broadband network core;Fixed-mobile convergence;SDK

引用格式:殷博,白文其,罗远源. 基于新型宽带网络架构的固移融合方案研究[J]. 邮电设计技术,2026(8):86-92.

0 引言

随着互联网应用和云网融合技术的快速发展,宽带业务场景已从传统的家庭上网向智慧家庭、绿色安全上网、边缘云网服务等多元化业务转变^[1-2]。多元化的业务场景、多变的业务需求,对运营商快速业务创新能力、灵活业务控制能力、智能运营服务能力提出了更高的要求^[3]。传统宽带网络网关(Broadband Network Gateway,BNG)的分布式部署模式存在面向业务

的运营手段弱、整机安全隐患大与设备整体效能不高等缺点,已难以满足新业务灵活高效的发展特点和需求^[4-5]。

为了解决上述问题,中国联通提出宽带核心网(Broadband Network Core,BNC)概念,定位为固网ToH/ToB业务的控制中心和基于用户会话策略的分流锚点^[6],并将“光接入网+BNC+网络运营支撑”重构为新型端到端宽带网络,使宽带网络的核心能力从业务接入能力转变为业务控制、创新、运营能力,通过网络架构的演进实现融合创新,以满足宽带用户日益增长的业务需求。

收稿日期:2026-06-23

1 固移融合互通需求分析

1.1 固移融合需求场景

随着物联网技术的快速发展,家庭智能终端设备呈现爆发式增长。Statista研究数据显示,2023年全球活跃智能家居设备数量达17.2亿台,预计2027年将突破25亿台^[7]。当前家庭智能终端设备主要包含NAS存储设备、移动终端(平板/手机)以及智能家电(打印机/空调/智能门锁)等。

家居智能化水平的提升激发了用户随时随地访问家庭设备的需求,用户移动终端与家庭固定终端间的双向数据交互已成为智能家居系统的核心功能。此类固移融合互通的需求主要体现在以下业务场景。

1.1.1 家庭监护场景

家庭监护场景的主要需求如下。

a) 足够的存储空间。由于家庭视频监控系统需要存储大量的视频数据,如何高效、安全地存储和管理这些数据是一个重要问题,用户希望有足够的存储空间能够容纳视频监控数据。

b) 安全的数据保障。目前,用户在外远程查看家庭视频时,均需通过互联网,安全性与隐私保护无法得到保障。用户希望家庭视频监控等隐私数据得到安全保障,不易被外界窃取。

c) 极佳的访问体验。网络带宽不足或网络不稳定,导致安全视频系统出现延迟或卡顿现象,影响用户体验。用户希望获得足够的带宽以保障家庭监护业务的稳定流畅访问。

1.1.2 智能家居场景

智能家居场景的主要需求如下。

a) 便捷访问需求。用户希望通过便捷的移动终端实现家居设备的远程控制、自动化控制和智能化管理,提高生活便捷性。

b) 设备互联互通需求。各厂商自成体系,使用的传输协议不统一,导致不同品牌的智能家居设备无法联动。用户希望家庭内不同品牌、不同类型的产品实现统一管控。

c) 个性化定制需求。用户希望根据自己的需求和喜好,定制个性化的智能家居场景和联动规则。

1.1.3 家庭NAS资源共享场景

家庭NAS资源共享场景的主要需求如下。

a) 跨终端便捷访问需求。用户在外希望能随时随地访问家庭NAS资源,通过手机等移动终端登录专

属APP或网页端即可快速访问。

b) 多设备协同与场景化需求。用户希望NAS能与家庭其他智能设备及移网终端形成协同。例如,在旅行时用手机拍摄的照片自动同步到NAS,家人在另一城市的移网终端上能实时查看最新照片。

c) 数据安全与隐私保护需求。NAS存储的多为家庭隐私数据,用户在外访问时对安全的需求极高。一方面,需要稳定的加密传输机制,确保移网终端与家庭NAS之间的数据交互不被窃取;另一方面,需具备多层访问权限控制,用户可设置不同账号的权限,避免家庭隐私数据被误删或泄露。

1.2 现有网络方案

当前主流解决方式是通过公网或第三方服务器来解决,主要包含以下3种。

a) 互联网访问。该方式通过公网IP映射与动态域名解析技术实现端到端直连,用户移动端与家庭端组网方式不变,流量经过互联网。通过互联网实现远程访问的优势是传输路径短,数据不经过第三方服务器,带宽成本低;缺点是需配置复杂的网络参数,存在网络地址转换(NAT)穿透难题,暴露公网端口增加安全风险。

b) 公有云中继服务^[8]。该方式通过租用第三方云服务搭建访问通道,实现内外网穿透。用户家庭设备通过客户端软件将指定目录实时同步至公有云存储,移动端通过标准REST API访问云端副本。通过公有云中继服务实现远程访问的优势是规避NAT限制,实现跨平台无缝访问。缺点有3个:一是持续产生云存储费用,成本较高;二是该方案依赖云端服务器中转数据,存在单点故障风险与数据隐私泄露风险;三是网络受限于公网带宽,易导致延迟高、画质压缩等问题。

c) P2P中继服务^[9]。该方式基于NAT穿透技术,并利用第三方P2P网络商建立点对点连接。通过P2P中继服务实现远程访问的优势是减少云端依赖,即即用免配置,自动穿透复杂网络环境;缺点是需穿透多层NAT,成功率低,尤其在复杂网络环境下稳定性差。

1.3 解决思路分析

从业务需求与现状可以看出,当前远程访问业务的主要矛盾是用户日益增长的便捷高效访问需求与相对滞后的数据安全保障能力之间的矛盾。为解决这一矛盾,需要攻克网络互通与数据安全这两大问

题。

网络互通问题可通过2种思路解决。一是将固网设备虚拟化为具有5G用户设备身份的代理节点,即在固网设备上部署5GC网络代理软件SDK,从而实现固移互通。二是通过在网络控制面增加转译设备,根据其绑定的家庭组信息、手机号码等匹配移网与固网用户信息,生成转译策略并下发给相应用户面设备,进而实现固移网络互通。

安全性问题可通过专用通道来解决。首先对用户远场访问业务流量进行分流,再通过专用通道引流至家庭光猫,进而访问家庭固定终端资源。

上述2种解决方式与中国联通提出的宽带核心网(BNC)理念天然适配。BNC作为业务分流锚点,能够实现用户家庭侧流量与移动端流量的相互转发,从而解决固移网络互通问题;用户整个流量均在运营商网络内部流转,不经过互联网或第三方平台,安全性得以保障。因此,采用BNC网络架构能够满足用户远程访问需求。

2 BNC技术概述

2.1 BNC网络架构

如图1所示,BNC将传统BNG从IP城域网的一个网元^[10]转变为宽带网络的一部分,并结合宽带业务能力,演进为宽带核心网。BNC网元主要包含控制面(BNC-CP)网元和用户面(BNC-UP)网元^[11-12]。BNC-CP采用服务化架构部署^[13],提供接入控制、智能策略、智慧运营3方面的能力;BNC-UP作为宽带网络业务接入、转发的核心设备,负责网络安全防护、流量控制以及流量转发。

BNC核心思想是基于端到端宽带网络,实现面向业务的运营转型,将传统BNG的用户转发面和控制面分离,采用服务化架构,增强控制面功能,引入大数据和人工智能技术,增强网络面向业务的智能运营能力。

2.2 BNC技术能力分析

2.2.1 BNC技术特点

BNC技术特点主要体现在转控分离、通感一体、集约部署和安全可靠4个方面。

a) 转控分离。转控分离模式借助集中控制的方式,达成业务快速灵活部署上线,这不仅可以简化运维管理工作,节省网络运营成本,提升资源利用率,还能够实现高性能的流量疏导以及网络能力的开放。

b) 通感一体。在BNC-UP上增加内生算力智能分析板卡,建立通感一体能力,实现业务质差的识别、用户需求的辨识与预测,并且自动生成和下发产业化业务策略。

c) 集约部署。BNC的集约部署能为宽带网络带来集中的业务锚点,实现业务端到端配置与快速统一部署,在提升设备资源利用率的同时降低基础设施等的运营成本。

d) 安全可靠。BNC采用多维容灾机制,网元间异局址双活部署、网元内分层多级可靠性保护,确保网络稳定可靠运行。

2.2.2 BNC能力分析

如图2所示,在传统BNG架构下,用户访问资源云池时只能先进入互联网,再与其他资源实现互联互通;而用户流量一旦进入互联网,运营商将失去对用户流量的监控。在新型BNC架构下,BNC-UP作为用

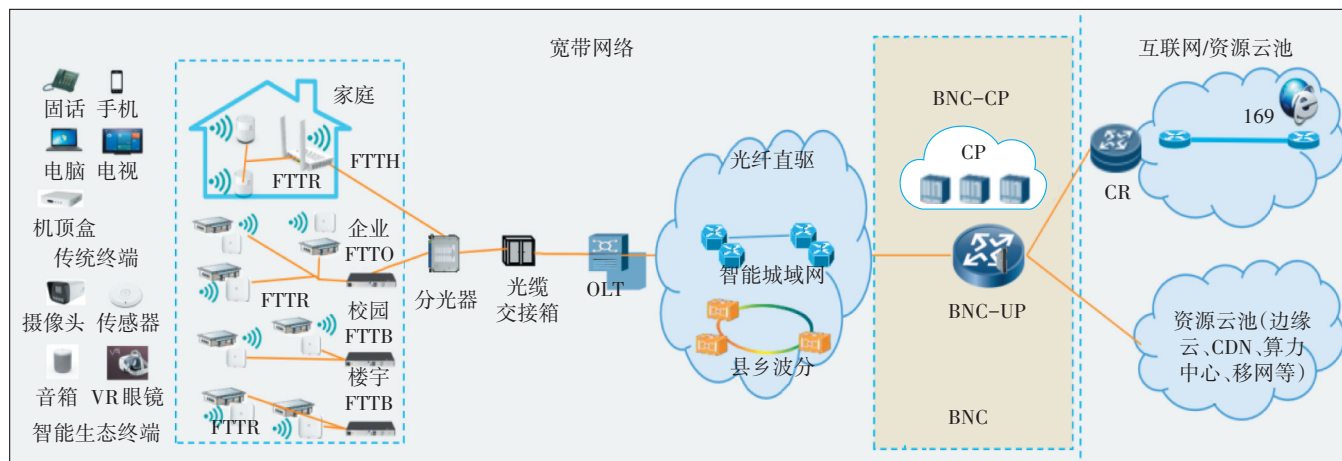


图1 宽带网络架构

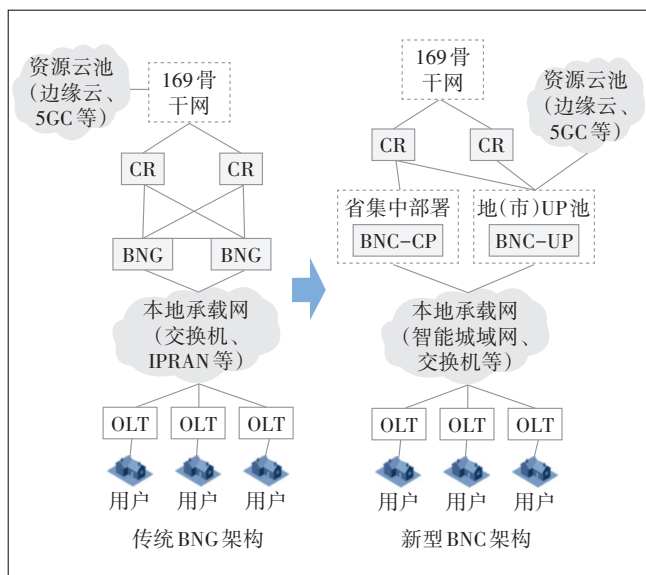


图2 组网架构对比

户会话策略的分流锚点,直接与资源云池对接。各类业务通过BNC-UP进行分流,既可以进入互联网,也可以经BNC-UP实现一跳入云。

新型BNC架构的分流与融合能力使得宽带业务路径不再单一,其固移融合、云网融合、资源复用等能力显著增强,不仅极大地拓展了业务的创新场景,还能够对上云业务进行全程监控,消除安全隐患。

由此可见,新型BNC架构天然具备与其他资源云池融合的能力。

3 固移融合方案研究

3.1 创新方案研究

3.1.1 家庭光猫部署SDK方案

3.1.1.1 方案概述

家庭光猫部署SDK方案(以下简称“方案1”)的核心思想是利用SDK的数字身份验证功能,将家庭光猫虚拟化为具有5G用户设备身份的代理节点,通过安全隧道与UPF相连,并由5GC进行固移统一鉴权,从而实现用户手机远程访问家庭终端^[14]。

3.1.1.2 组网方案

如图3所示,在家庭光猫上部署SDK,通过建立IPSec/IKE隧道与移网UPF协商信令交互,通过VxLAN隧道与移网UPF进行数据交互,实现业务隔离与安全保障;固网侧与移动侧组网方式不变。

3.1.1.3 业务流程

a) 产品签约。用户签约固移融合业务,生成宽带

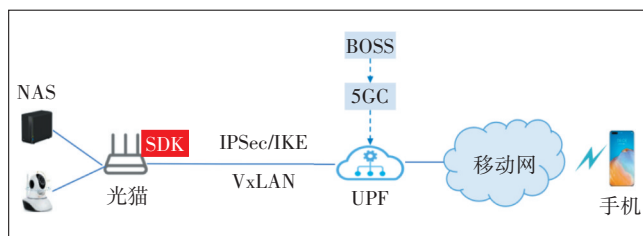


图3 家庭光猫部署SDK方案组网示意

账号、家庭组ID等信息;签约用户与家庭SDK绑定关系。

b) 固网配置。固网DNS增加解析记录,配置UPF的域名信息和IP地址映射关系。

c) 移网配置。BOSS系统将用户签约信息同步给5GC。5GC内部由策略控制网元(PCF)下发分流规则至会话管理网元(SMF),再由SMF创建相应的分流会话及家庭会话,并与UPF关联;统一数据管理网元(UDM)扩展数字身份ID统一鉴权功能。

d) 固移互通。家庭光猫与UPF之间建立IPSec/VxLAN隧道,用于后续的业务转发。

e) 数据交互。当用户移动端访问家庭业务时,首先由SMF在UPF上创建分流会话,UPF再通过IPSec与家庭光猫完成信令交互,由UDM基于用户数字身份ID进行认证鉴权。鉴权通过后,UPF触发家庭会话的创建。家庭资源流量通过VxLAN隧道转发至UPF,再通过UPF转发至用户手机终端,完成数据交互。

3.1.1.4 系统改造

方案1主要涉及对BOSS系统、UDM和家庭光猫的改造。其中,BOSS系统需要增加对固移融合业务的支持以及相关内容的下发功能;UDM网元需要增加数字身份鉴权功能;家庭光猫需要逐个进行SDK适配改造。

3.1.2 BNC-UP部署SDK方案

3.1.2.1 方案概述

BNC-UP部署SDK方案(以下简称“方案2”)的核心思想是充分利用BNC的分流及融合能力,并通过SDK提供数字身份验证,使移网用户面网元UPF与固网用户面网元BNC-UP打通,并在家庭端设置单独的固移融合业务通道,从而实现固移融合互访。

3.1.2.2 组网方案

如图4所示,用户家庭光猫采用双WAN口,普通上网业务通道维持既有通道,新增固移融合业务通道;在BNC-UP上部署SDK,通过IPSec/IKE与UPF协

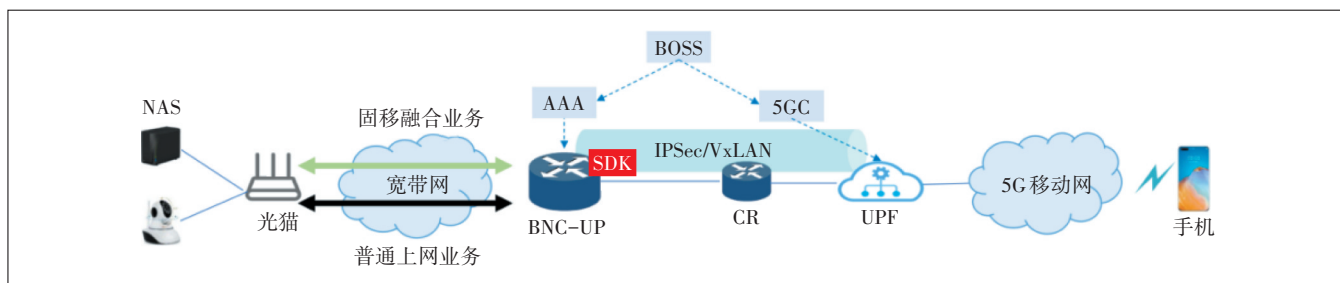


图4 BNC-UP部署SDK方案组网示意

商信令交互,通过VxLAN隧道与UPF进行数据交互,实现业务隔离与安全保障;移动侧组网方式不变。

3.1.2.3 业务流程

a) 产品签约。该流程与方案1相同。

b) 固网配置。BOSS系统将用户的身份ID下发给固网AAA系统,固网AAA系统将上网账号和固移融合账号进行关联,并通过Radius协议向对应的固移融合WAN口的账号授权数字身份编码。BOSS经RMS向光猫下发分流及WAN口配置指令。

c) 移网配置。该流程与方案1相同。

d) 固移互通。BNC-UP与UPF之间建立IPSec/VxLAN隧道,用于后续的业务转发。

e) 数据交互。当用户移动端访问家庭业务时,首先由SMF在UPF上创建分流会话,UPF再通过IPSec与BNC-UP完成信令交互,由UDM基于用户数字身份ID进行认证鉴权。鉴权通过后,UPF触发家庭会话的创建,BNC-UP选择相应的固移融合WAN口通道。家庭资源流量经固移融合WAN口通道上传至BNC-UP,再通过VxLAN隧道转发至UPF,再通过UPF转发至用户手机终端,完成数据交互。

3.1.2.4 系统改造

方案2主要涉及对BOSS系统、UDM、固网AAA和BNC-UP的改造。其中,BOSS系统需要增加对固移融合业务的支持以及相关内容的下发;UDM网元需要增加数字身份鉴权功能;固网AAA需要新增数字身份ID授权属性;BNC-UP需要进行SDK适配改造。

3.1.3 固移转译网关方案

3.1.3.1 方案概述

固移转译网关方案(以下简称“方案3”)的核心思想就是充分利用BNC的分流及融合能力,并在BNC-CP上增加固移转译网关,获取移网侧与固网侧信息,信息匹配后生成访问控制列表(ACL)和策略路由(PBR),并下发至BNC-UP。移网侧基于ULCL技术分

流私网访问流量^[15],固网侧通过开启第二通道传递融合业务流量,从而实现融合业务的互访拉通^[16-17]。

3.1.3.2 组网方案

如图5所示,用户家庭光猫采用双WAN口,普通上网业务通道维持既有通道,新增固移融合业务通道;在BNC-CP上增加固移转译网关,通过Radius协议与AAA和UPF进行交互,BNC-UP与UPF之间通过VxLAN进行数据面交互;移网侧网络架构不变。

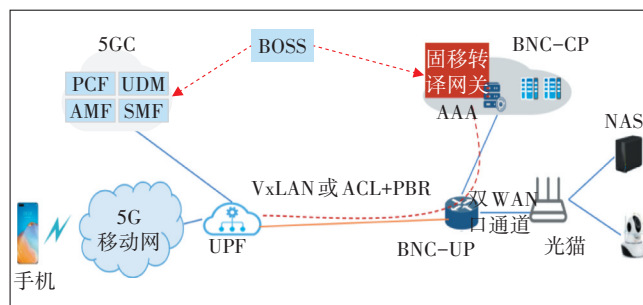


图5 固移转译网关方案组网示意

3.1.3.3 业务流程

a) 产品签约。用户签约固移融合业务,生成宽带账号、家庭组ID等信息。

b) 固网配置。BOSS系统向固网AAA下发家庭组ID、宽带账号与手机号码等信息,向固网RMS下发分流策略和融合WAN口配置;RMS下发家庭光猫融合WAN口配置和分流策略,并将融合WAN口账号及密码同步给AAA;家庭光猫开通融合WAN口。

c) 移网配置。BOSS向5GC下发签约信息及家庭组ID等信息,5GC内部接入与移动性管理网元(AMF)从UDM获取签约信息,进行DNN纠错,并创建PDU会话。PCF向SMF下发分流规则,UDM将用户划分至特定DNN,并由SMF为该用户分配专属的IP地址段。

d) 固移互通。UPF通过Radius协议实时向固移转译网关传递用户手机号、用户IP等信息,并与BNC-

UP建立VxLAN通道。AAA通过Radius协议向固移转译网关发送家庭组ID、宽带账号、手机号、UP ID、WAN口IP等信息。固移转译网关根据移网与固网的映射关系生成映射列表,并向BNC-UP下发ACL与PBR策略。

e) 数据交互。用户访问固移融合业务时,由SMF在UPF上创建分流会话,执行分流策略,将用户流量转发至BNC-UP。BNC-UP根据用户手机IP匹配ACL规则,将流量转发至指定端口,根据QinQ将流量转发至OLT,OLT通过QinQ将流量转发至光猫,光猫根据目的IP将流量转发至家庭内网终端。家庭内网终端通过特定WAN口到达BNC-UP,BNC-UP根据用户手机IP匹配ACL规则并将流量转发到UPF,再通过UPF转发至用户手机。

3.1.3.4 系统改造

方案3主要涉及对BOSS系统、固网AAA和BNC-CP的改造。其中,BOSS系统需要增加对固移融合业务的支持以及相关内容的下发功能;AAA系统需要支持向转译网元转发用户信息的功能,BNC-CP需要进行固移转译网关的适配改造,BNC-UP需要增强数据分流能力。

3.2 方案对比

3种方案的对比如表1所示。

表1 固移融合方案对比

方案	优点	缺点
方案1	开通快速、技术条件成熟	光猫改造工作量大、移网侧改造量较大、未发挥固网能力
方案2	结合固移网络能力、技术条件较为成熟	移网侧改造量较大
方案3	系统改造量小、结合固移网络能力、多对多访问	技术条件不成熟

方案1的优势在于业务开通快速,并且各项技术已进行了验证,方案成熟。缺点在于需要对每个用户家庭光猫进行改造,工作量较大;未充分利用宽带网络的能力,且光猫无法控制用户上行带宽,不利于固移融合业务的长期发展。

方案2弥补了方案1的缺点,在BNC-UP上部署SDK避免了大批量光猫改造的工作量,且以BNC与5GC作为固移融合业务的双锚点,有利于其长期发展;方案内多项技术已通过测试,技术条件较为成熟。方案2的不足之处在于对5GC核心网元的改动量仍然较大。

方案3的优势在于其不仅充分利用了BNC的能力,对固移融合业务进行控制,还降低了对移网侧的改造工作量;并且,该方案可突破组网限制,使用户移动终端可同时访问多个家庭,实现多对多访问。该方案缺点在于方案内的各项技术均未在现网进行验证,技术条件暂不成熟。

综上,考虑到业务发展需求、系统改造情况以及技术成熟条件等因素,采用方案2(BNC-UP部署SDK方案)作为固移融合业务方案。

4 方案测试

4.1 测试概述

在中国联通某省公司实验室对BNC-UP部署SDK方案进行测试,测试目的是完成光猫携带家庭信息接入BNC-UP、用户终端设备(UE)携带用户会话信息接入UPF、完成BNC-UP与UPF对接、利用IPSec隧道实现UE访问NAS、利用VxLAN隧道实现UE访问NAS、家庭侧终端切换等6个核心测试用例。验证样机具备一线展示能力,验证设备及版本均与现网一致。

4.2 测试环境

测试环境物理组网如图6所示,根据组网图进行端到端测试,即UE至家庭PC/摄像头/NAS。信令与数据传输过程经过的网元为:PC/NAS/摄像头—光猫—OLT—智网MER—BNC-UP—CR—家庭UPF—SW—UPF—SW—PCF—SMF—UDM—AFM—RAN—UE。

端到端测试主要包括设备上线鉴权与数据传输2个过程。鉴权与数据传输过程主要经过以下网元。

a) 光猫鉴权:光猫—BNC-UP(SDK)—家庭UPF—UPF—SMF—UDM。

b) UE鉴权:UE—AMF—UDM。

c) 会话建立:光猫—BNC-UP—家庭UPF—UPF—PCF—SMF—AMF—RAN—UE。

d) 数据传输:PC/NAS/摄像头—光猫—BNC-UP—家庭UPF—UPF—RAN—UE。

4.3 测试结论

经测试,6个核心测试用例均满足要求,这表明BNC-UP部署SDK方案实验室测试满足预期鉴权功能、数据通路功能及性能等相关要求。未来,在现网改造后将进行现网测试工作。

5 总结与展望

本文围绕固移融合互通需求展开研究,通过网络

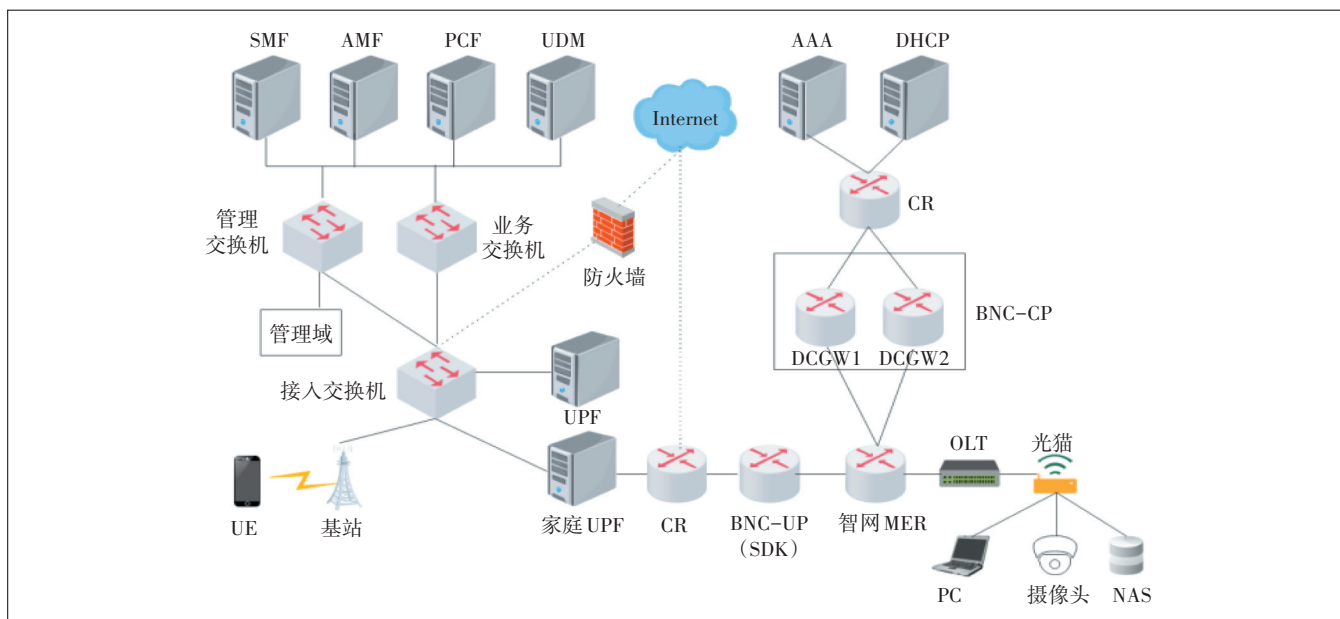


图6 测试环境组网拓扑

架构选择与技术方案设计,最终采用BNC-UP部署SDK方案来满足用户固移融合的家庭访问需求。该方案不仅能够充分发挥固网核心网与移网核心网的能力,解决固移融合互通存在的安全性及网络互通性问题,而且在技术可行性、现网改造量等方面综合表现更佳,具有规模化推广潜力。

未来将基于BNC-UP部署SDK方案,进一步将SDK能力融入BNC-UP算力智能分析板卡(SA),以实现宽带网络内生固移融合能力;加快实现网络能力开放与方案解耦,打造固移融合标准方案,在各运营商现网进行推广。

参考文献:

- [1] 曹瑞波. 中国移动家庭宽带业务发展进程及特点分析[J]. 数字通信世界,2020(2):227.
- [2] 王巍,王鹏,赵晓宇,等. 基于SRv6的云网融合承载方案[J]. 电信科学,2021,37(8):111-121.
- [3] 中国联合网络通信集团有限公司. 宽带核心网(BNC)技术白皮书[R/OL]. 2024-07-20. <https://www.doc88.com/p-98947952615358.html>.
- [4] 张昊昕. 转控分离vBRAS在城域数据网中的设计与实现[D]. 杭州:浙江工业大学,2020.
- [5] 乔建,李忠超,高丽华. 转控分离vBRAS池化关键技术和组网方案研究[J]. 江苏通信,2022,38(3):45-49.
- [6] 杨旭,肖子玉,梁冰,等. 5G核心网部署及演进方案[J]. 电信科学,2020,36(9):131-140.
- [7] Statista Research Department. Smart home - worldwide [EB/OL].

[2026-05-26]. <https://www.statista.com/outlook/cmo/smart-home/worldwide>.

- [8] 田智炜. 基于SMB协议手机远程访问家庭网关设备的系统及方法:CN201510608053.6[P]. 2015-09-21.
- [9] 杨波. 内网穿透技术在远程访问中的研究与实现[J]. 长江信息通信,2022,35(7):102-105.
- [10] 张武阳. 某地IP城域网优化设计与实现[D]. 大连:大连海事大学,2020.
- [11] 王永军,尹峥. 转控分离vBRAS在城域网的测试与部署[J]. 电信技术,2018(12):63-65,68.
- [12] 肖明坤,许渊,王兰兰. 基于云网融合的新型城域网组网架构研究[J]. 电信快报,2023(8):20-24.
- [13] 聂衡,赵慧玲,毛聪杰. 5G核心网关键技术研究[J]. 移动通信,2019,43(1):1-6,14.
- [14] 许建新,董冰. 某省联通5G固移融合策略研究[J]. 中国宽带,2020(7):12-13.
- [15] 李雪永,段霞光,王阳. 基于ULCL技术的5G行业专网应用场景探讨[J]. 通信世界,2022(22):45-48.
- [16] 韩晶,王亚松,孙鑫,等. 面向一体化运营的固移融合智能管道关键技术研究[J]. 电信科学,2015,31(6):103-108.
- [17] 薛强,杨世标,缪一民,等. 5G UPF与固网BNG的融合思路、方案及实践[J]. 数字通信世界,2024(10):42-46.

作者简介:

殷博,毕业于北京交通大学,工程师,硕士,主要从事宽带及政企接入网络规划工作;白文其,毕业于北京邮电大学,高级工程师,学士,主要从事传输及宽带网络技术工作;罗远源,毕业于北京交通大学,高级工程师,学士,主要从事宽带及政企接入网络相关工作。