



面向 ICT 服务的电信网络架构及其技术实现

吴志明,傅志仁,张宏斌,徐文华,张届新

(中国电信股份有限公司上海分公司 上海 200085)

摘要:首先介绍了 ICT 服务技术架构演变趋势,综合分析了现阶段面向企业和家庭 ICT 服务的多种实现方式及其面临的问题与挑战;在比较多种实现方式的基础上,提出构建 LSN——新型的电信运营商 ICT 服务技术架构,该技术架构充分利用现有电信运营商的光纤宽带接入网络以及基于云计算、NFV、SDN 的多租户云数据中心,通过运用大二层网络技术,将 LSN 云数据中心、电信光纤接入汇聚网络、CPN 有机集成为承载综合 ICT 服务的网络基础设施架构。最后,阐述了此架构的技术实现方式以及基于此架构可实现的新 ICT 应用服务场景。

关键词:云计算;大二层;CAXE;ICT;网络功能虚拟化;软件定义网络;SMAC;VxLAN;本地服务节点

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2014.08.018

An ICT Service Oriented Telecom Network Infrastructure Architecture and Implementation

Wu Zhiming, Fu Zhiren, Zhang Hongbin, Xu Wenhua, Zhang Jiexin

(Shanghai Branch of China Telecom Co., Ltd., Shanghai 200085, China)

Abstract: After the introduction of the trends of ICT for enterprise and residential subscribers, the problems and challenges of current ICT solutions were also analyzed. Based on comparison between different patterns of ICT solution, LSN (local service node), a new ICT service oriented architecture was proposed to telecom carriers. The architecture leverages the telecom optical broadband access network, and by using large layer 2 technology, enterprise/residential CPN were integrated inherently with nearby LSN data centers which were built on cloud computing, NFV and SDN technologies. The new infrastructure was composed of CPN, telecom broadband access networks and LSN cloud data centers. The implementation of such an infrastructure was also presented. Some new use cases were presented too, to show the benefits of the new architecture.

Key words: cloud computing, LL2, CAXE, ICT, NFV, SDN, SMAC, VxLAN, local service node

1 引言

根据美国 IDC(国际数据公司)的分类,以 mainframe/terminal 为核心技术架构的 ICT 平台称为第一代平台,承载的用户规模级别为几百万而应用数量为几千量级;以 LAN/Internet、客户端/服务器(C/S)为核心技术以及 PC 作为终端的 ICT 平台称为第二代平台,一般此类平台可承载

的用户量级达到几亿,支持的应用规模为万级数量;而目前全球 ICT 市场正处于第二代平台向以 SMAC (social computing, mobile computing, analytics/big data, cloud computing, 社交化、移动计算、分析/大数据以及云计算)等为核心技术的第三代平台技术演进的阶段,考虑到 IoT (internet of things, 物联网)的需求,此平台目标承载用户数为几十亿,应用数量级别也可达到几百万,典型的终端

类型为移动终端。IDC认为随着新兴市场对第三代平台产品需求的快速增长,建立在第三代平台上的新产品和解决方案将呈爆炸式增长,整个ICT生态系统也会发生相应的变革。第三代平台技术将成为驱动未来20~25年ICT增长的主要动力。

以第一代与第二代平台技术构建的ICT服务系统,有以下典型特征:ICT系统一般构建在企业的办公与生产场所;企业通常需要自行购买软硬件系统;然后,通过自己的IT技术团队或外包团队,开发集成获得满足自身阶段性需求的ICT系统;为确保系统的可靠运营,还需购买软硬件系统的维保服务,提供现场的技术支持;针对软硬件的升级,需进一步追加费用以购买新服务。企业用户既面临投资的需求也面临维护服务的要求,在技术不断演变的时代,对企业更致命的是硬件资产的快速贬值。此类平台技术构建的ICT系统,投资建设成本高,建设周期长,系统缺乏灵活性与可伸缩性,运营维护成本也高。面对变动市场环境,企业作为ICT系统的投资者、资产所有者与使用者,为适应新业务需要而不得不进行ICT系统改造任务时,软硬件提供商、系统集成开发商、外包维护团队往往是此类类型ICT系统生态链上的主角,也是价值链的主角。

基于以第一代与第二代平台技术构建的ICT服务系统,其建设模式、集成开发模式和运营维护模式不仅形成了家庭与企业客户的ICT成本挑战,同时制约了电信运营商在此模式下可发挥的作用,也对电信运营商的业务发展带来了挑战。主要体现在以下方面。

(1) 成本高

不仅企业与家庭客户ICT成本高,电信运营商的运营成本也面临挑战。从城域网运营角度来看,目前架构下的家庭和企业用户几乎所有通信业务访问流量都要穿越城域骨干网,带来带宽的大量消耗;同时,由于用户带宽流量的增长,城域骨干网必须适时扩容,规模也不断地扩展。因此,电信运营商的接入网与城域骨干网的建设和运维成本都高。

从用户端运营角度来看,CPN(customer premises network)端几乎需要实现所有三层以上(包含三层)网络服务功能,用户侧设备不仅架构复杂且投入成本也高,在三层以上的处理能力需要提升的同时,二层处理能力也需同步提升。目前家庭网关功能复杂(包括路由、NAT、ITMS管理等),如NAT等功能将成为家庭网关接应带宽快速提升的互联网应用的性能瓶颈,更何况今后可能需要叠加更多面向应用的网络层以上服务功能,如物联网应用、智慧家居

与智能安防等。而企业用户前期多数自建自维CPN,电信运营商无法实现端到端网络的电信级管理,不仅难以先于用户发现故障隐患,而且,一旦用户业务发生故障,也很难快速定位用户端故障,从而影响用户体验。

(2) 业务发展的挑战

传统宽带业务增长乏力,电信运营商需要寻找新的基于光网城市的宽带业务增值点。随着SMAC相关技术的快速发展,电信运营商可以给家庭与企业用户提供计算资源、存储资源与网络资源的灵活调度与扩展的方案,从而开辟新的增长点。有必要深入比较基于传统三层接入方案与基于二层的接入方案,包括在ICT向第三代平台过渡方式、资源扩展的方式、提供新的业务功能、在运营维护方式上的差异性。

(3) 市场竞争的挑战

目前电信运营商在企业ICT的价值链中仅作为承载通道,随着SMAC相关技术的应用推广,电信运营商能否发挥自身优势,提出有别于传统IT企业以及所谓互联网企业所提供的ICT服务模式,从而形成对电信运营商有利的差异竞争优势。

本文首先通过对比分析面向企业/家庭用户的传统ICT服务模式、互联网企业ICT服务以及电信运营商可实现ICT服务模式,论述ICT服务多种实现方式面临的问题与挑战;在此基础上,提出构建LSN(local service node)——电信运营商新型的基于云计算的ICT服务技术架构。该技术架构充分利用现有电信运营商的光纤宽带接入网络以及新构建的基于云计算、NFV(network function virtualization, 网络功能虚拟化)、SDN(software defined networking, 软件定义网络)的多租户云数据中心,通过采用大二层网络技术,将LSN云数据中心、电信运营商光纤接入汇聚网络、CPN有机集成为承载综合ICT服务的网络基础设施架构。本文介绍了此架构的技术实现方式以及基于此架构可实现的新型ICT应用服务场景。期待此技术架构及其技术实现能为电信运营商相关的新兴应用业务发展以及电信运营商转型提供思路和参考。

2 主流 ICT 服务模式

综合传统及新兴模式,ICT服务主要可以分为3种模式,分别是传统ICT模式、互联网提供模式、电信运营商提供模式。

2.1 传统 ICT 模式

传统ICT服务模式组网如图1所示。企业的ICT系统一般可以分为以下几类:

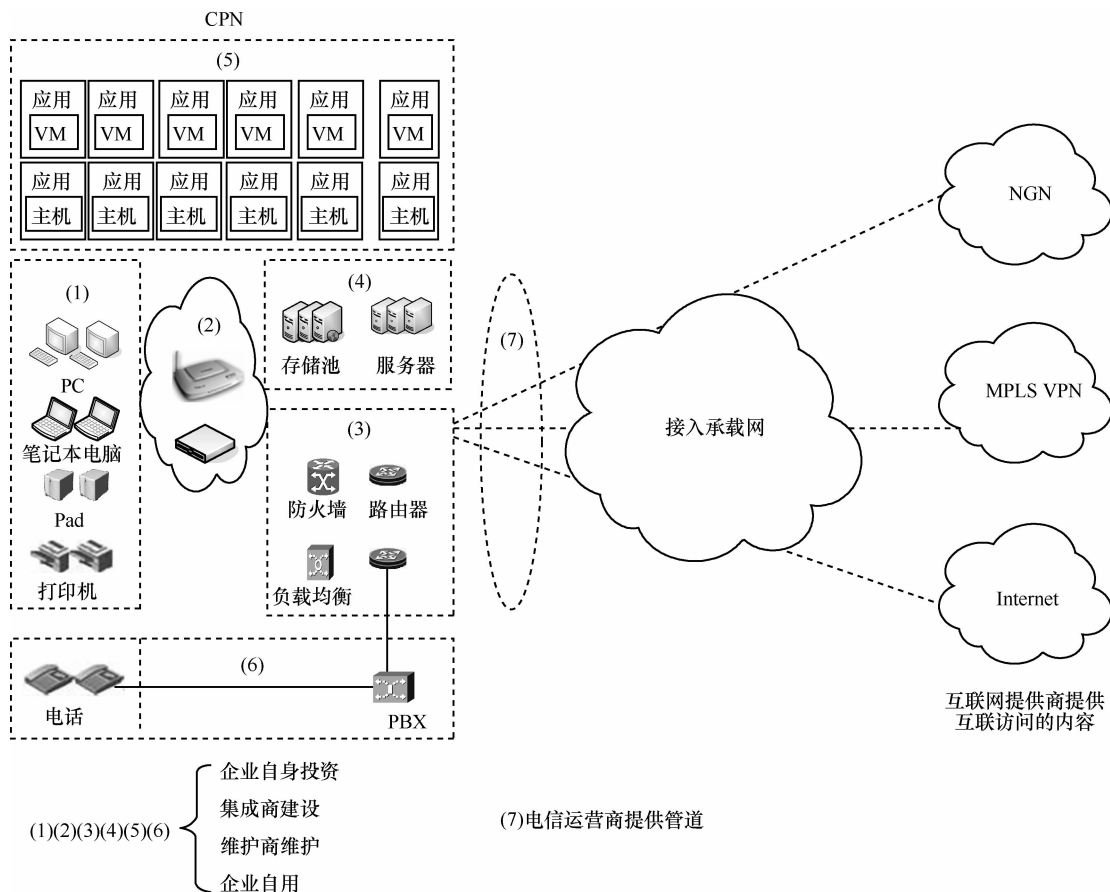


图1 传统 ICT 模式组网及功能界面示意

(1)用户终端设备,包括 PC、笔记本电脑、Pad 以及打印机等外设,这些终端通过本地 LAN switch/Wi-Fi AP 网络与企业 ICT 的后台系统互联;

(2)企业 CPN 中的 Wi-Fi AP +LAN 的二层交换网络;

(3)企业 CPN 中的三层以上网络功能设备,如内网路由器、外网路由器、负载均衡器、防火墙等;

(4)服务器与存储系统;

(5)应用软件;

(6)电话机、企业程控小交换机等语音设备;

(7)CPN 通过电信运营商提供的互联网接入可以访问互联网,通过 MPLS VPN 等网络专线接入可以与远端的分支机构或合作伙伴构建 VPN,通过语音专线实现 PSTN 语音网络接入。

企业所需网络服务相关的 IP 和 IT 设备全部由企业自身投资,设备与商业软件向 IT 供应商购买,企业应用系统一般也是外包开发,由集成商进行建设,建成后由企业自身或转包给维护商进行相关网络和服务维护。企业所需应用服务系统一般部署在企业网 CPN 本地的服务器与存储

设备,应用客户端软件部署在各类终端操作系统上。电信运营商在其中发挥的作用主要是提供网络接入作用,即“管道”作用。

在此模式中,企业一般采用 VLAN 技术将用户终端及对应的后台应用服务系统分隔为多个网络区域以实现信息系统的安全隔离。SMAC 技术的应用还是在 CPN 中实施,如云计算、云存储技术可以应用在企业后台服务系统中,也可以应用 VDI 技术对终端应用进行改造。为提供后台系统的可靠性、可用性,可以采用服务器集群技术,包括 VM 迁移与 HA 等计算虚拟化技术,而容灾备份也仅在本地实现。企业 CPN 一般采用三层路由方式与 Internet 或 VPN 远端系统实现互联,实际上要求 CPN 本地必须配置路由功能、NAT/PAT 功能、防火墙功能、IDS 以及其他广域优化功能模块及承载设备。用户 ICT 系统独建独享,但信息与数据可以自己控制,因此信息与安全性高。ICT 系统计算资源、存储资源以及内部网络资源可在企业 CPN 内网中平滑扩展。此外一般需要专用场地与数据中心级的电力与制冷环境。

这种 ICT 模式中,企业建设和人力成本很高,企业客

户 ICT 整体拥有成本高。而电信运营商的参与度则很小。

2.2 互联网服务商提供 ICT 服务模式

随着互联网发展,IT 公司及互联网企业一般自己建设 IDC (internet data center)/DC (data center) 或租用 IDC/DC, 在 IDC/DC 内部署计算、存储与网络资源池,通过相互隔离的多租户方式或共享的基础计算设施,IT 公司与互联网企业提供 SaaS 等云计算服务,即企业的部分或全部后台应用系统由互联网服务商通过互联网方式提供给企业 CPN。互联网服务商提供 ICT 服务模式组网如图 2 所示。企业外包 SaaS 后台系统所需计算、存储、网络资源服务由互联网服务商在 IDC/DC 投资建设,应用系统软件开发维护也由互联网服务商提供。需要此类服务模式的企业需要在企业 CPN 中负责外包以外部分的其他软硬件设备投资、建设与维护,同时需要向电信运营商申请互联网或专线网络接入以实现企业 CPN 与互联网服务商 IDC/DC 的互联互通。互联网服务商为保证后台系统的可靠性和可用性,可以采用服务器集群技术,包括 VM 迁移与 HA 等计算虚拟化技术在自建或租用的 IDC/DC 内实现,而容灾备份也由互联网服务商负责。在 CPN 内或互联网服务商 IDC/DC 内的应用系统容灾与数据备份服务一般仅可在 CPN 或 IDC/DC 本地实现。同时,由于这种 ICT 提供方式一般要求 CPN 与 IDC/DC 之间以三层方式互联,因此,传统 ICT 模式中终端与后台系统通过 VLAN 技术分组功能在互联网 ICT 服务

模式中很难实现,这也就意味着许多基于二层技术的应用场景在互联网服务商 ICT 模式中不能提供实现;如同传统模式一致,此模式也要求 CPN 本地必须配置路由功能、NAT/PAT 功能、防火墙功能以及其他广域优化功能模块及承载设备。原有基于 VLAN 组网实现的 C/S 应用系统,在 CPN 的后台服务侧系统被托管或迁移到 IDC/DC,需要重新配置部署。企业在 IDC/DC 中所占用的 SaaS 资源,一般与其他用户共享,信息与数据可以控制级别与传统模式相比较较低,因此信息与安全等级较低。如果 CPN 中所有后台系统外包到互联网服务商的 IDC/DC,后续计算资源、存储资源以及内部网络资源的扩展可由企业向互联网服务商以租用方式进行,从而不再需要专用场地与数据中心级的电力与制冷环境。

互联网 ICT 模式要求企业具备三层互联网接入方式,企业 CPN 必须配置三层路由及以上功能模块与承载设备。这说明在此模式下,网络投资方式与维护方式与传统模式一样,但失去了传统方式基于 VLAN 组织跨终端与后台系统进行二层网络隔离及其计算网络资源组合功能,这也说明很多基于二层的 application 功能与应用场景不能在 CPN 与 IDC/DC 之间实现;由于 CPN 与 IDC/DC 的三层互联,用户原有基于 VLAN 方式实现的终端与后台应用系统不能平滑迁移,必须重新配置 IP 子网。而随着 CPN 与互联网服务商 IDC/DC 之间的三层流量的增长,电信运营商不得不

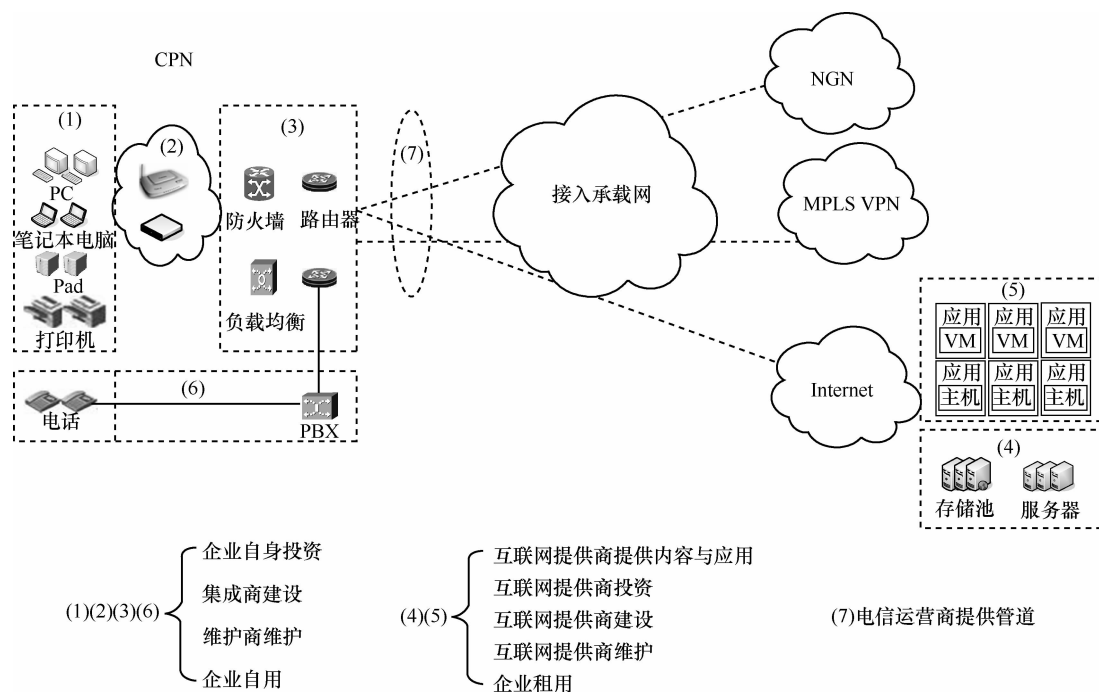


图 2 互联网企业提供的 ICT 模式组网及功能界面示意



进行接入网与城域骨干网的扩容与升级,CPN 的三层以上设备也不得不升级扩容。

互联网服务商 ICT 模式与传统 ICT 方式的主要差异体现在后台服务器与存储资源、应用服务侧软件、基于 VDI 的桌面以及应用的投资方式和运营方式上。因此,形成 SaaS 与云资源租用的商业模式。

这种互联网服务商提供 ICT 服务的模式中,企业可以降低部分 ICT 成本,相关投资、建设和运维成本可由互联网服务商承担,从而互联网服务商可以深度介入价值链。同时,与传统 ICT 服务模式一样,电信运营商此时仍然担任“管道”提供者的角色,参与度依然很小。

2.3 电信运营商提供 ICT 服务模式

一般地,电信运营商可以向用户提供与互联网服务商类似的 ICT 模式,即 ICT 服务相关设备和应用部署在数据中心,位于网络层次较高的位置,用户实现服务或访问应用时,业务流量需要穿越城域网到达数据中心才完成。

目前 ICT 技术呈现出 3 个虚拟化、2 个宽带化的发展趋势。

- 虚拟化:计算虚拟化、存储虚拟化、网络虚拟化。
- 宽带化:移动接入 4G/5G 化、固网接入光纤化。

如前所述,目前全球 ICT 市场正处于从第二代平台向以 SMAC 为核心技术的第三代平台技术演进的阶段。

通过前面对传统 ICT 模式与互联网 ICT 模式的分析,

根据未来 ICT 发展趋势,企业与家庭的 ICT 解决方案必须综合考虑以 SMAC 为基础的资源与应用平台之“云”、企业与家庭客户 CPN 侧的“端”、连接“云”与“端”的“管”。电信运营商具有很好的发展 ICT 服务的机遇:拥有 CPN 中的接入端(ONU、家庭网关、企业网关)、“管”(包括固网和移动两种接入方式的“最后一公里”宽带接入、IP 宽带承载网)和“云”(虚拟化资源和业务平台)的端到端强大优势,完全契合 ICT 新时期发展要求,可以承接 ICT 业务,提供建设服务、运营服务等,打造区别于传统 ICT 服务提供商和互联网服务商 ICT 服务的差异化竞争力。

电信运营商能否基于其“最后一公里”宽带接入网优势,构建出新型的电信运营商 ICT 服务模式?此种电信 ICT 服务模式可否形成与互联网服务商 ICT 服务模式的差异化竞争优势?此种电信 ICT 服务模式能否作为一种电信运营商普遍可采纳的云计算范式长期存在?

在综合分析与测试验证的基础上,提出一种电信运营商的新型 ICT 服务模式,如图 3 所示。在此,阐述此技术架构的几个核心思想。

(1)在业界率先建议:电信运营商在城域网的接入网与城域骨干网之间,构建多个区域云计算数据中心,即 LSN。进一步利用计算虚拟化、存储虚拟化、网络虚拟化技术为所接入的每个企业或家庭等租户创建根据其需求所属的 vDC(virtual data center)。因此,LSN 是支持多租户的

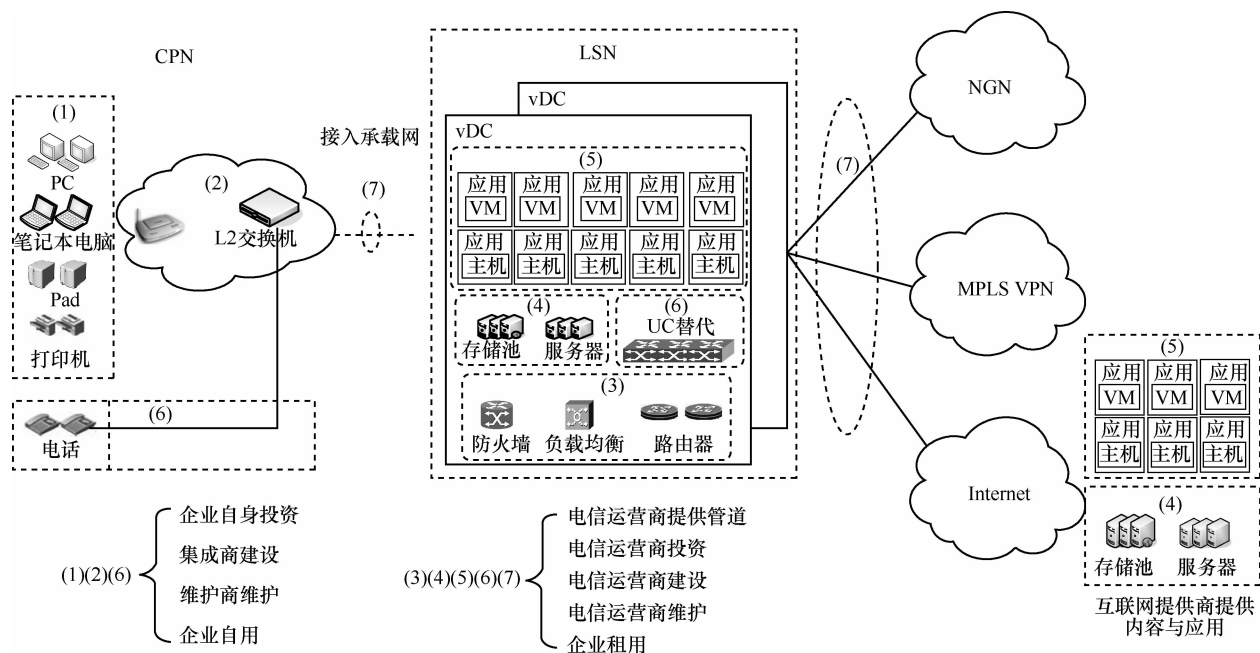


图 3 电信运营商提供的 ICT 模式组网及功能界面示意

云计算数据中心,其在网络中所处的位置介于企业 CPN 侧自身的 DC 与互联网服务商的 IDC 之间,这样位置的选择既发挥电信运营商光纤宽带接入网的优势,就近将企业/家庭 CPN 汇聚接入 LSN,也将提供有别于传统 ICT 与互联网服务商 ICT 模式的多种业务。

(2)创新地提出:将家庭与企业 CPN 中二层 LAN、运营商的二层接入与汇聚网络、云数据中心中多租户的 vDC 二层网络,在二层以太帧层面上实现从 CPN 到 LSN 端到端的互联互通。以此二层互联为基础,可以对分布在 CPN、接入网以及 LSN 中 vDC 内的计算、存储、网络资源,实现类似于传统 ICT 服务模式 CPN 中的 VLAN 功能,即以二层形式隔离与组合相关用户、终端、应用以及其他计算、存储、网络服务资源。

(3)充分利用云计算、无盘桌面/VDI/NFV/SDN 等技术,可以将企业与家庭客户 CPN 中原有的终端桌面功能、后台系统以及三层以上网络功能等模块,平滑迁移到就近的 LSN 中企业/家庭客户所租用的 vDC 中。从而,简化 CPN 中网络服务功能模块配置与设备配置,也为企业/家庭客户提供了“软件定义”的计算、存储、网络、应用软件等灵活的组合策略配置以及所需资源、功能、性能的可伸缩扩展;而且,在此模式下,同时可实现对企业/家庭客户的 ICT 系统外包,包括系统管理外包以及运营维护外包。从而,为电信运营商提供了一种新型的支持 ICT 外包服务模式的技术架构。

(4)基于 CPN 到 vDC 之间二层的互联互通技术,可以实现一些独特的、三层互联互通无法或难以实现的功能与应用场景。这些场景有 CPN 与 vDC 之间容灾备份、VM 迁移、用户核心数据存储在企业 CPN 等。而依托 vDC 及其中配置的功能模块,还可以实现企业/家庭的融合 ICT 服务场景。譬如借助 vDC,企业或家庭客户可以实施融合多终端的统一通信(unified communication)服务;在家庭中,可实现多终端的互通、数据与应用共享、家庭网关的简化、智能家居服务中心功能。

(5)在此技术架构中,企业/家庭 CPN 侧原有广域出口的多种接入方式,将被 CPN 与 LSN 之间的电信运营商现有二层光纤接入网与 LSN 侧的企业/家庭 vDC 的多个广域出口接入方式替代。这种新型的接入方式实现了 CPN 到 vDC 之间的端到端的二层链路终结(这里端到端的二层链路连接非常类似于电话网中用户电话机/小交换机到程控交换机端局的交换机之间的端到端电话物理连线,因此,LSN 可看作电信运营商支持 ICT 服务的新型云计算端

局)。一方面,由于 CPN 与 vDC 之间的网络通信是内网通信,它们之间的带宽可以充分开放;另一方面,在此基础上,可实现一些内网通信的 ICT 应用服务场景,通过上述两方面可以进一步形成与互联网服务商 ICT 模式差异化竞争优势。而在 vDC 广域出口侧的 Internet、VPN、语音等链路可继续维持现有限速方式与资费模式,但此时,电信运营商在广域出口链路上却有了更灵活与动态的管理与配置方式,并形成了一种新型的、不需要 CPN 侧配合与干预的广域网接入与运维方式。

在此类电信运营商 ICT 服务模式中,企业/家庭客户计算、存储、应用的扩展既可以在 CPN 内实施,也可以在 LSN 中的 vDC 中部署。CPN 与 vDC 借助跨越接入网二层网络的链接,被有机地整合成类似传统 ICT 服务模式中的 CPN;而 vDC 相当于把传统 ICT 模式中 CPN 的后台系统迁移延伸到运营商的 LSN 中。在此新型的电信运营商 ICT 服务模式中,电信运营商将能够深度地介入企业/家庭的 ICT 环境,从而深层次介入 ICT 服务价值链,并在商业模式上,可以将传统 ICT 模式中的软硬件厂商的价值、开发集成商的价值、维护服务商的价值,部分或整体转移到电信运营商。在此模式下,因为存在规模用户共享具有计算虚拟化(cloud computing)、存储虚拟化(cloud storage)、网络虚拟化(NFV/SDN)的基础设施,也意味着基础资源的统计复用成为可能,所以企业/家庭的 ICT 整体成本必将得到进一步降低。在移动互联网、物联网、云计算、大数据时代的市场竞争与合作中,相比传统与互联网 ICT 服务方式,此新型架构独具特色的差异化竞争优势将有助于电信运营商重回价值链的主导地位。

2.4 多种服务方式汇总比较

综观以上 3 种 ICT 服务模式实现,在技术实现上的差异性决定了应用场景与业务模式的差异。而电信运营商基于由“CPN+接入网+LSN”构建的 ICT 执行环境,不仅在业务模式方面可促进 ICT 业务创新,而且在技术实现上,也具有高可靠、高安全、高扩展、高经济性的优点。

从技术实现、业务模式两大方面对主流 ICT 服务形态进行了比较。

表 1 重点分析比较了 ICT 传统模式、互联网模式、运营商 DC 模式、LSN 模式在网络隔离手段、时延保证、内部访问方式、网络安全保障、系统可靠性、数据安全性、系统冗余性、系统迁移等方面的异同性,比较分析这些差异性有助于理解与定义新的业务功能与新的产品服务。



表 1 主流 ICT 服务的技术实现对比

	传统模式	互联网模式	DC 模式	LSN 模式
网络设计	传统二层	三层	三层	大二层
网络隔离手段	VLAN 隔离	系统认证	系统认证	VLAN 隔离
时延保证	低时延	高时延	中时延	低时延
内部访问方式	局域网访问,灵活	设置防火墙隔离内网,增加地址控制等	设置防火墙隔离内网,增加地址控制等	局域网访问,灵活
移动办公方式	申请网络 VPN, 进行用户认证和网络隔离	设置防火墙隔离内网, 增加用户认证控制	设置防火墙隔离内网, 增加用户认证控制	电信运营商配置 VPN、用户认证、网络隔离
对外服务提供	申请公网资源	自带互联网	申请公网资源	自带互联网
网络安全保障	设置防火墙,无法防止 DDoS	不确定	设置防火墙, 无法防止 DDoS	两重防火墙保护, 提供 DDoS 防护
系统可靠性	与机房、设备运行情况相关	由互联网机房情况决定	由机房决定	电信运营商机房+虚拟化模式, 可靠性高
数据安全性	相对安全	不确定	安全性一般	选择继续放在用户侧,相对安全
系统冗余性	无,或高代价	不确定	不确定	可实现异地容灾
系统迁移	/	架构需要重新设计,迁移慢	网络访问架构要重新调整	原有架构物理延伸,迁移快速
特点	设备看得见	异网访问	/	原有网络架构不需要调整,计算和存储可以分离,网络流量动态可调

表 2 从多个方面比较分析了主流 ICT 服务在业务模式上的异同性;重点分析比较了 ICT 相关部署场点位置、资金来源、企业出资模式、应用建设方、设备归属、维护主体、IT 团队、企业后期费用等方面。

3 LSN 基础架构的关键技术与挑战

电信运营商构建基于 LSN 基础架构承载区域内的 ICT 服务,在 LSN 所覆盖的区域内,存在多种客户类型,如企业、政府、公共服务机构(学校、医院)、园区、商圈、社区、家庭、个人等,电信运营商一般通过有线(如光纤接入

网、xDSL)和无线移动(如 3G/4G、Wi-Fi)等接入方式,将上述客户的 CPN 与其在 LSN 租用或分配的 vDC 互联互通起来,包括二层以及三层的互联方式。互联接入方式一般可以采用基于光纤的 LAN 方式或者 ITU/IEEE PON 技术,以 EPON 技术为例,其接入覆盖距离可达 10 km、20 km、40 km。根据接入技术与区域大小,LSN 收敛的 CPN 数量可能达到几万级,在 CPN 中一般涉及的终端数可能是几个乃至百个。为了实现上述新型的 ICT 基础网络架构,如采用二层方式进行 CPN 与 LSN 的互联,将面临下述几方面的关键技术挑战。

表 2 主流 ICT 服务的业务模式对比

	传统 ICT 模式	互联网模式	DC 模式	LSN 模式
放置位置	企业办公场所	互联网上	电信运营商机房	电信运营商机房
资金来源	企业自身	互联网企业	企业/电信运营商	电信运营商
企业出资模式	一次性投入	按期付费租用	按期付费租用	按期付费租用
应用建设方	自建/集成商	互联网企业	企业自身/集成商	企业自身/第三方/电信运营商
设备归属	企业自身	互联网企业	企业自身	企业自身/第三方/电信运营商
维护主体	企业自身/外包	互联网企业	企业/外包	企业自身/第三方/电信运营商
IT 团队	企业自身/外包	互联网企业	企业/外包	企业自身/第三方/电信运营商
企业后期费用	固定资产折旧,设备老化折旧	无	固定资产折旧,设备老化折旧	无
电信参与度	网络通道	网络通道	网络通道/数据中心	平台/网络/维护/开发/集成
网络实现	二/三层	三层	三层	二/三层

(1)支持几十万至上百万 MAC 地址接入与交换的二层互联网络技术

目前普遍采用的是基于以太帧接入技术,如 ITU/IEEE 的 GPON/EPON 共享光纤波分复用技术;针对大中客户,也采用光纤直联的接入方式。大规模客户的接入可通过多个物理隔离的 OLT 或 LAN 接入,然后通过汇聚 LAN 交换机将下层多个 OLT 或接入 LAN 交换机进行收敛。汇聚交换机的上联方向,传统上是通过多链路分别与不同业务网络互联。如上联 Internet 的链路、上联语音网络的链路、上联 IPTV 子网的链路等。

(2)支持几万至几十万二层用户隔离的接入网络。目前在家庭客户的 CPN 中,通过 ONU 的 IEEE 802.1q 标记功能为每个 CPN 分配多个 VLAN,并在接入网的 OLT 上进行 IEEE 802.1ad 标识,从而为大规模家庭用户的多种业务形成多个隔离的二层业务网络

在 OLT 到汇聚交换机之间采用 IEEE 802.1ad QinQ 的封装,形成二层隔离的业务接入网络。此接入架构,理论上可支持的基于 VLAN 隔离的网络数量可以到 $4\,096 \times 4\,096$ 个。以 OLT 与汇聚 LAN 交换机形成的接入汇聚网络架构也可以通过 IEEE 802.1ah SPB-M 的汇聚收敛方式替代。SPB-M 方式的二层隔离网络数量也能达到 $4\,096 \times 4\,096$ 个。不过二层交换转发的路由算法不再采用生成树算法,而是采用 IS-IS 的路由算法。为了维持现有城域光接入网架构不变,从 OLT 到汇聚交换机的二层协议可继续维持传统方式,未来将进一步测试验证 SPB-M 方式。

(3)支持几十万 MAC 地址交换、几万至几十万二层网络隔离的数据中心网络

传统数据中心中交换机的 MAC 转发表大小为几万到十几万的 MAC 地址,支持的二层隔离网络数量仅为 4 096 个。因此需要新的数据中心网络架构来替代。大型云数据中心网络架构,一方面要解决大容量的 MAC 地址转发交换问题,另一方面要解决多租户情况下多租户之间以及单个租户的多网段之间的虚拟网络隔离问题。此外,由于云计算数据中心内东西向流量增长,也需要支持多链路容灾的、负载均衡 ECMP 技术二层网络技术。目前可选择的协议有:一是采用 IEEE 802.1ah SPB-M 协议的交换网络,其本身同时支持大容量 MAC 地址转发交换与 $4\,096 \times 4\,096$ 个 I-SID 虚拟网络数量;另一选择是支持类似于 IETF TRILL 的路由交换协议,同时叠加 VxLAN 协议的 overlay 方式,或 NVGRE、STT 等其他协议,VxLAN 支持的虚拟网络数量同

样可以达到 $4\,096 \times 4\,096$ 个 VNI。考虑到大多数主流网络设备厂商与主流虚拟化计算服务商 VMware 在 VxLAN 上的支持,现阶段实施建议采用 VxLAN 协议。

(4)支持几万租户的内部与外部网络功能虚拟化

用户的 ICT 系统除了需要二层交换转发功能模块外,通常都还需要有三层路由转发功能模块以及其他三层以上的网络服务功能模块,如防火墙(FW)、IDS、负载均衡器等。在相互隔离的租户对应的 vDC 中,需要部署这些功能模块,以满足每个租户 ICT 系统中的多网段、多 IP 子网以及 ICT 安全可靠性与可用性的需要。在 LSN 中,这些功能模块数量可能达到十几万的量级。这些功能模块承载方式一般可分为 3 种方式:基于计算虚拟化的设备、基于专用网络芯片的网络设备、通用计算虚拟化芯片与专用网络芯片混合设备。ETSI 提出了 NFV 在此处可以得到应用。

(5)多级多种二层网络技术互联与转换的设备

以企业 CPN 为例,从企业 CPN 到 LSN 中对应的 vDC,一般要有以下几个二层协议的转换链接:家庭 LAN 转 EPON、EPON 转 LAN、LAN 转 VxLAN。如图 4 所示,呈现了 LSN 技术架构中 CPN 至 vDC 之间的网络协议栈转换过程。

(6)外部互联网络与业务平台

用户的 ICT 系统一般还有对外连接 PSTN 语音网络、3G/4G 移动网络、互联网与应用平台等需求,因此要求电信运营商的 LSN 与其城域 IP 骨干网络、MPLS/VPN、PSTN/3G/4G 以及与 GSN(global service node,全局服务节点)之间有互联的传输汇聚网络基础设施,以满足每个租户 vDC 所需外网互联的需要。

其他还有大规模的计算、存储、网络资源池;基于 SMAC 技术的,支持新型的 ICT 开发、测试、部署的技术框架;电信运营商的增值功能模块,如 CDN、UC 平台等;支持这些计算、存储、网络等设备运营的电力与制冷基础设施与场所;支持十几万多租户的管理开通平台、用户管理与计费平台、维护测试管理平台等。

在国际标准化组织 ETSI(European Telecommunications Standards Institute,欧洲电信标准化协会),以主流电信运营商为主导提出了 NFV 标准,尤其是《ETSI_gs_NFV001(NFV Use Cases)》(网络功能虚拟化应用案例)反映了在云计算技术与服务模式情景下,电信运营商对网络功能虚拟化的主流需求以及未来电信网络的演变方向。

其中,应用案例 2 VNaaS(virtual network function as a



service, 虚拟网络功能作为一种服务)描述了企业用户虚拟CPE应用场景。如图5所示。未来,原本在企业CPN实现的各种网络服务功能,都将转而交由运营商局端部署的虚拟化网络提供,不仅实现客户网络简化、成本降低;同时,运营商端到端网络的电信级管理能力增强,改变了运维方式,也为电信运营商进一步拓展增值业务奠定了基础。

而应用案例7,家庭网络虚拟化(virtualization of the home environment)描述了家庭互联网应用相关终端的高级网络功能上移至局端并采用虚拟化方式提供给家庭用户

的场景。如图6所示。实现家庭接入组网虚拟化后,家庭网关及机顶盒等应用外设终端功能将极大简化,相关较高级的网络功能将转由运营商局端的虚拟化网络提供,可以方便地支持互联网应用创新部署,增强家庭用户端到端网络的电信级管理能力,并降低家庭组网的复杂度,提升用户感知。

在LSN基础架构中,电信运营商依托接入网络及LSN云数据中心,不仅可以向用户CPN端提供计算资源、存储资源、无盘/VDI桌面、应用软件等服务,而且,通过NFV,电信运营商还将能提供虚拟化网络服务。

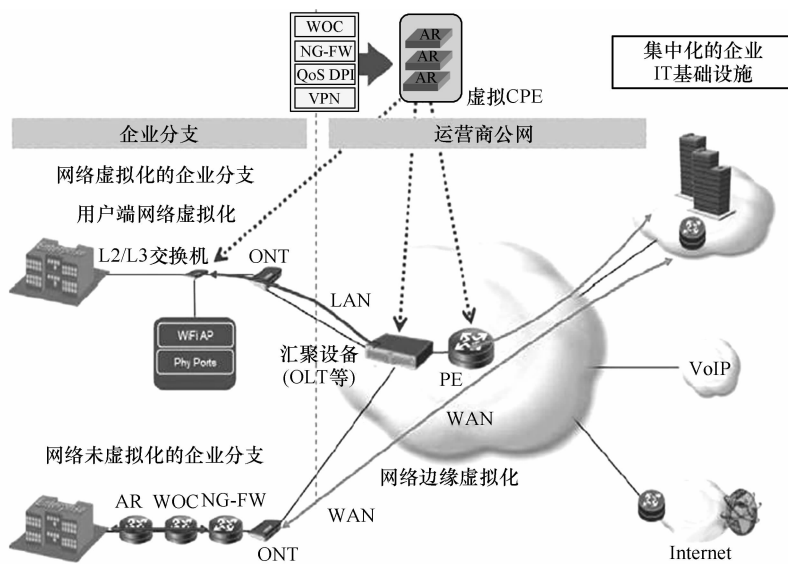


图5 ETSI定义的企业虚拟化CPE组网示意

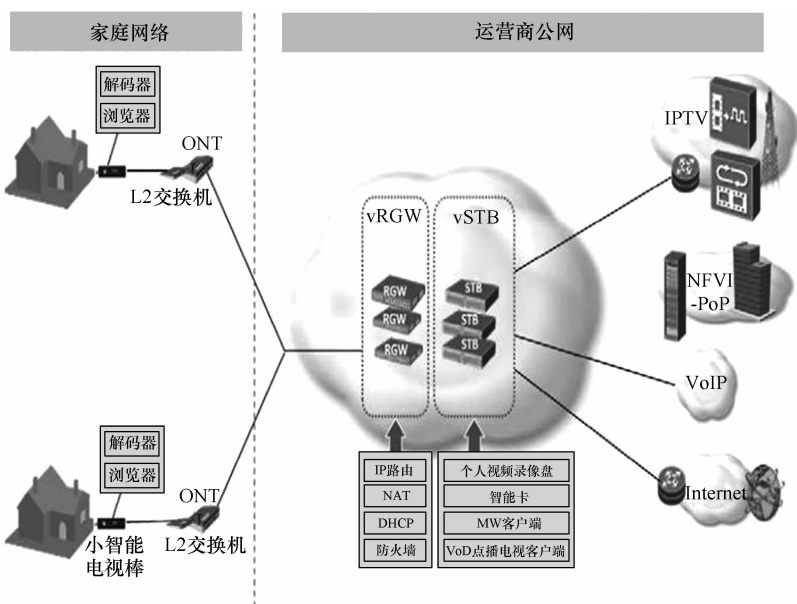


图6 ETSI定义的家庭虚拟化组网示意



综上所述,LSN 网络基础架构,在其覆盖的区域范围内,可以类似于传统 ICT 服务形态,向区域内的多种客户提供综合 ICT 服务,该架构不仅将降低用户 ICT 整体拥有成本,也将降低用户组网复杂度和运营成本;同时为电信运营商拓展 ICT 增值服务、进行业务创新提供了基础。LSN 将为电信运营商主导 ICT 价值链以及未来可以如电力和自来水方式一样提供按需的 ICT 服务提供了技术可能。

4 基于 LSN 架构下的 ICT 服务新应用场景

基于 LSN 的电信运营商 ICT 服务模式采用大二层技术实现 CPN 与 vDC 之间的互联,这样的互联方案的优势不仅体现在二层网络相对于三层网络的设备与建设成本更低,而且可以实现至少以下 6 种新的 ICT 应用场景:

- 将基于 VLAN 进行业务隔离的二层网络从用户端扩展到 LSN 局端,二层组网可以实现跨地域的同一子网互联;
- 支持 ETSI 的 NFV 应用场景部署;
- 无盘桌面技术与 VDI 桌面技术融合桌面解决方案;
- 共享 Wi-Fi AP 接入的电信运营商 Wi-Fi 网络接入与 LBS 基础设施服务;
- 基于 vDC 的智慧家庭解决方案;
- 基于用户端与局端二层网络的虚拟机迁移,提供实时/准实时的异地灾备。

4.1 场景 1:CPN 延伸

如图 7 所示,LSN 通过大二层网络连接,可以把企业 CPN 内的二层网络自动延伸到 LSN 节点内。VLAN 100 进入 LSN 后自动转化成 VxLAN 的 Tag VNI 1000,VLAN 200 转换成 VNI 2000 等。服务器、应用不论放在 CPN 还是 LSN 内,都无需进行额外的配置,就像在同一个交换机下一样简单。

4.2 场景 2:NFV

如图 8 所示,就像 ETSI 设想的一样,LSN 节点可以使企业原先自购网络设备实现的网关路由功能、防火墙功能、IDS、负载均衡功能等,都在 LSN 内部实现。而目前已经可以通过虚拟化平台加载网络功能虚拟化软件的方式来实现传统的网络功能。电信运营商可以通过这个方式,帮助用户进行网络的维护和管理。

4.3 场景 3:无盘和 VDI

如图 9 所示,无盘引导及 VDI 桌面管理是现代企业进行 IT 管理的重要手段。在 LSN 方式的二层网络中,该场景可以实现:

- (1)用户桌面计算机/瘦终端启动时,PXE 网卡可以通过二层网络而由 LSN 的 DHCP 服务器获取引导系统地址;
- (2)计算机从引导系统服务器加载操作系统;
- (3)计算机的文档读写、运算结果都可以保存在 LSN 内的用户数据服务器上;

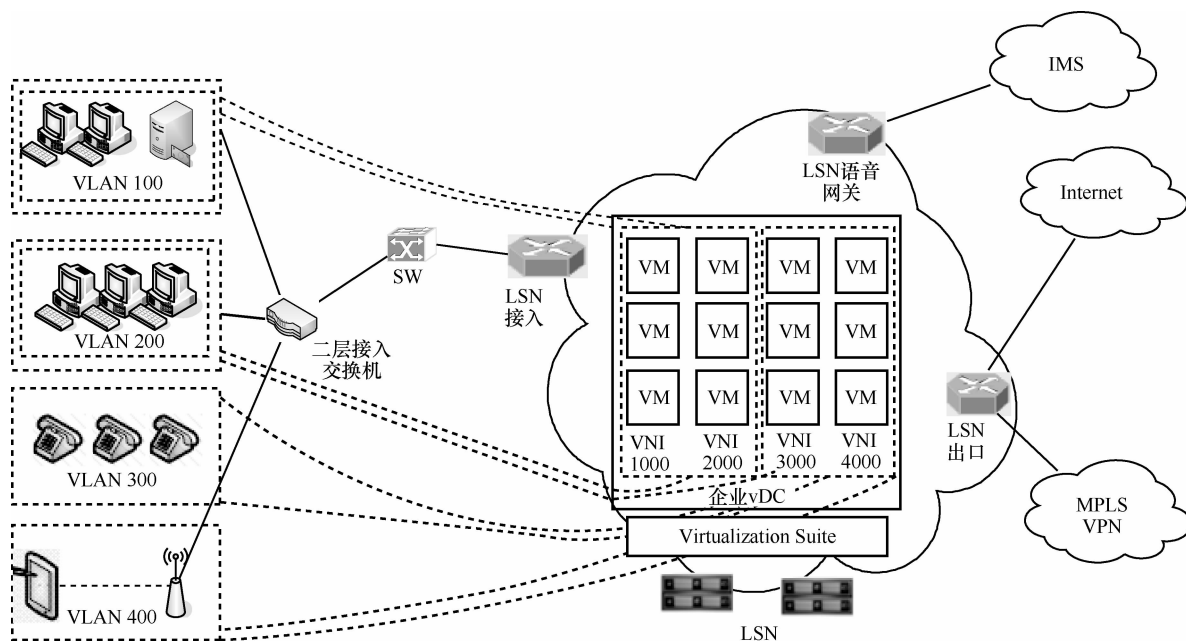


图 7 CPN 内的二层网络延伸至 LSN 节点 vDC 内示意

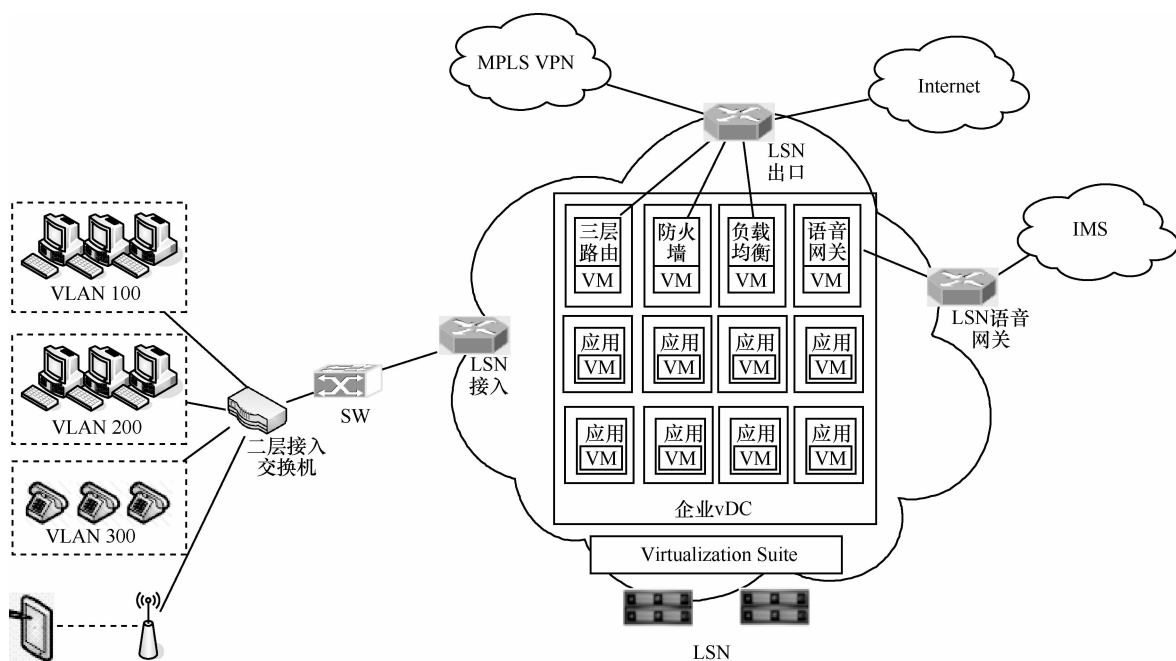


图 8 企业 CPN 的网络功能虚拟化示意

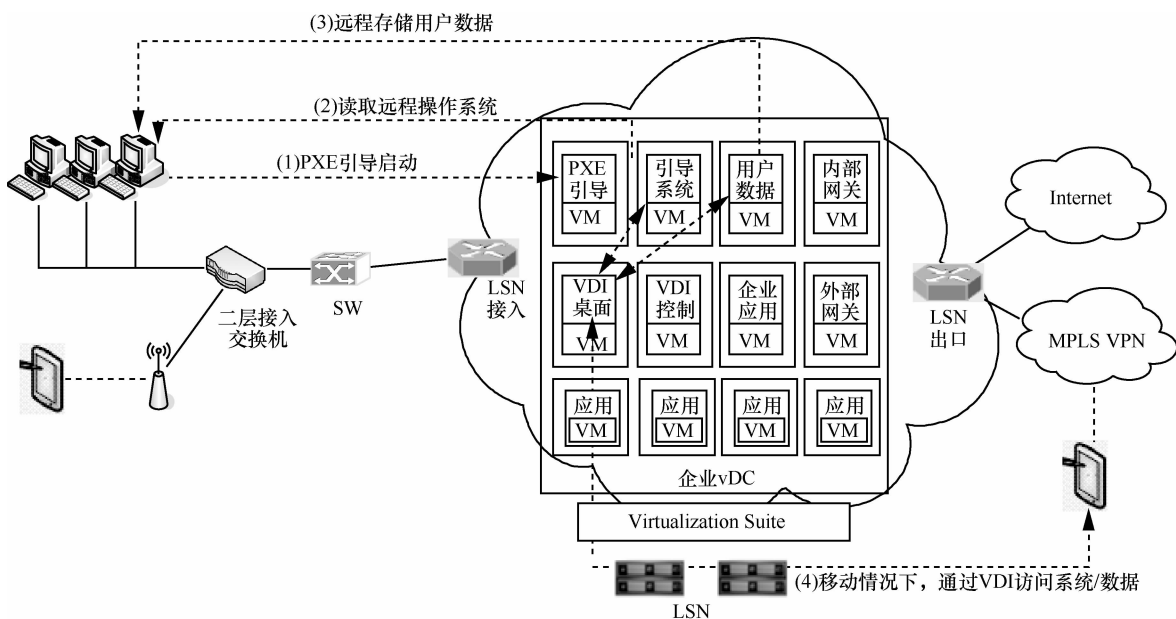


图 9 无盘与 VDI 桌面集成方案示意

(4) 用户外出移动办公时,也可以通过 LSN 内的 VDI 桌面由同样的引导系统引导,并读取自己的数据,就和在办公室使用桌面计算机一模一样;

(5) 不管在办公室还是外出,用户都可以通过移动终端访问 VDI 桌面。

4.4 场景 4: Wi-Fi 组网

如图 10 所示,一般无线 AP 已经支持多 SSID 功能,可以

实现不同的网络路由和功能。在一个 LSN 下,不同环境内的 AP 有独立的 SSID,通过各自独立的 AC 控制模块实现 vDC 内网络访问。也有 LSN 公共 SSID(如图 10 中的 telecom),用户连入此 SSID 之后,将由 LSN 内公共平台的 AC 进行统一控制,在一个 LSN 范围下的所有接入 telecom 的用户就像在一个大的网络中,可以实现移动下的无缝连接、Wi-Fi 定位功能。而电信运营商将负责所有数据的采集和分析。

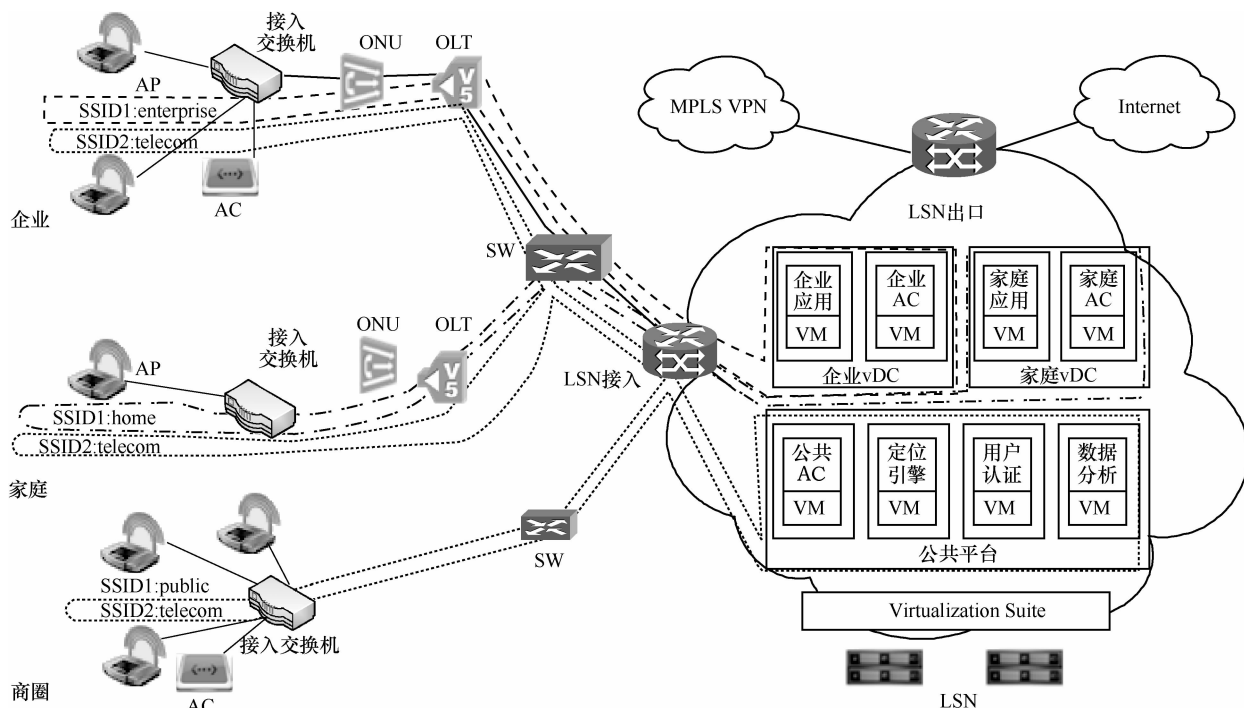


图 10 基于 LSN 的 Wi-Fi 本地组网架构示意

4.5 场景 5: 家庭组网与智能家居

如图 11 所示, LSN 对家庭内的网络和应用同样实现了改变。在家庭网络增加二层功能的智能物联网网关, 可以通过此网关上的 ZigBee、红外、RS485 等有线/无线协议连接家庭内各类物联网设备, 各种接入接口的二层帧通过物联网网关转换以太帧, 并传送到 LSN 中的家庭 vDC 中物联网服务平台进行管理与控制, 并能把相关设

备信息存储在 LSN 内的物联网控制中心上。此外, LSN 内还实现计算到视频的转换, 把计算的结果反馈在家庭内的简易机顶盒上, 弥补机顶盒运算性能不足的缺陷。

4.6 场景 6: 跨 CPN 与 LSN 的应用容灾

如图 12 所示, LSN 网络的大二层设计, 可以使得原先只能在本地网络中实现的传统服务器集群方案延伸到 CPN 和 LSN 两地之间而不改变应用配置。同时, LSN 还能实现 CPN

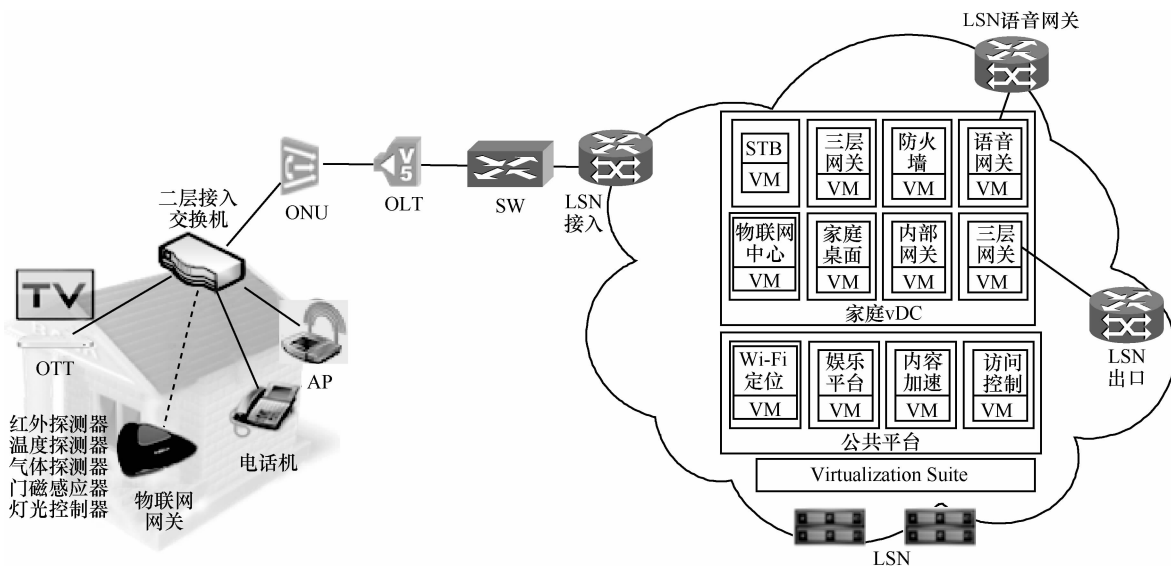


图 11 基于 LSN 的家庭智能化架构示意

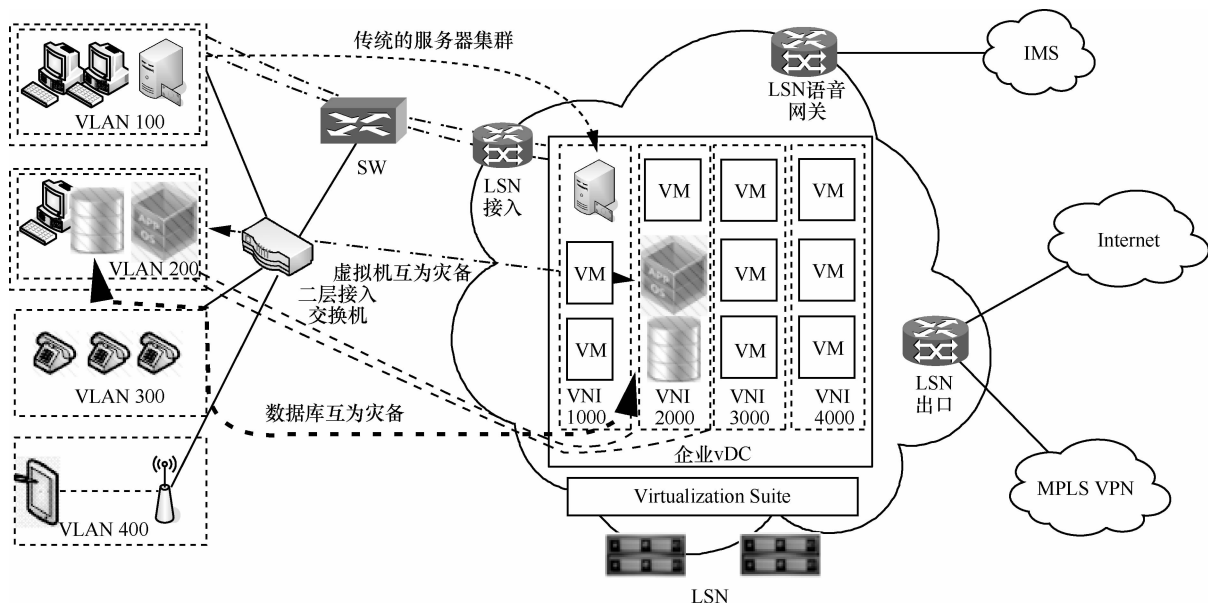


图 12 基于 LSN 的 CPN 与 vDC 可靠性与容灾方案示意

与 LSN 两地间的虚拟机飘移,在 VMware 的容错机制下还能实现零宕机。通过二层网络,也可以配置 CPN 和 LSN 两地的存储网络实时同步,实现数据的高可用性。

5 LSN 主要概念现网验证

基于前文的 LSN 架构设想,在现网选取了一个机房部署了试验节点,试验节点组网架构如图 13 所示。家庭及企业用户通过城市光网接入,基于 VLAN 实现各业务或各部门间业务隔离;在 LSN 网络侧,由 LSN 接入网关即 VxLAN 网关实现 VLAN 到 VxLAN 转换,在 LSN 内实现 VxLAN 组网。对于需要出 LSN 节点访问上层网络的流量,则通过 VxLAN 网关实现 VxLAN 到 VLAN 转换后,由 LSN-MSE 多业务网关与城域网和 MPLS VPN 互联,由语音网关与 NGN/PSTN 互联。

试验节点目前已发展了若干试点用户,基于光网接入 LSN 提供综合信息化服务。目前,已完成多项功能验证。

(1)基于 VLAN/VxLAN 的 LSN 二层组网连通性测试,即家庭用户及企业用户 CPN 与 LSN 内与其对应 vDC 之间的大二层互联。测试拓扑如图 14 所示,采用 VxLAN 测试仪以 VLAN 方式与用户接入交换机互联作为数据发送端,以 VxLAN 与 LSN 内的 VxLAN 交换机互联作为数据接收端。测试数据流从测试仪表以 VLAN 方式发出后,经 VxLAN 返回到测试仪,无分组丢失,说明二层网络已经连通。

(2)结合虚拟路由器、虚拟防火墙等在内的 NFV 功能,实现 UC(统一通信)、应用加速、应用容灾、云桌面(VDI/无盘)等应用场景。应用连通性测试结果如图 15 所示。

6 基于 LSN 的未来电信运营商本地网架构

基于 LSN,以大二层网络技术实现 CPN 与 LSN 两端计算、存储、网络资源的互联共享的分布式计算环境,将极大发挥电信运营商在光纤接入中的“最后一公里”优势,并通过虚拟二层网络隔离技术,形成了多租户、相互隔离、同时支持离线/在线、可伸缩、分布的、用户个性化的 ICT 内容与应用的执行环境(content and application execution environment, CAXE)。电信运营商可以在此架构基础上,基于 SMAC 等技术的进展,构建可视化、可运营、可管控、可信任的电信级 ICT 本地网络总体架构,如图 16 所示。经测试,验证了相关的互联关键技术,并对此架构中可支持实现的新型应用场景进行了验证。

图 16 所示的 LSN 架构,所展示的是近期目标架构。笔者所建议的 LSN 架构,支持从电信运营商现有接入网络架构向目标架构的演进,即针对不同的 CPN,既可以保持现有接入方式并将所申请的新的 ICT 应用部署在 LSN 的 vDC 中,也同时支持新发展的 CPN 或将现有用户的 CPN 完全改造成目标接入结构。从未来的发展趋势上来看,远期目标架构中,笔者认为至少还有两个演变方向值得验证:一是 LSN 融合电信运营商的未来 4G/5G 无线移动接

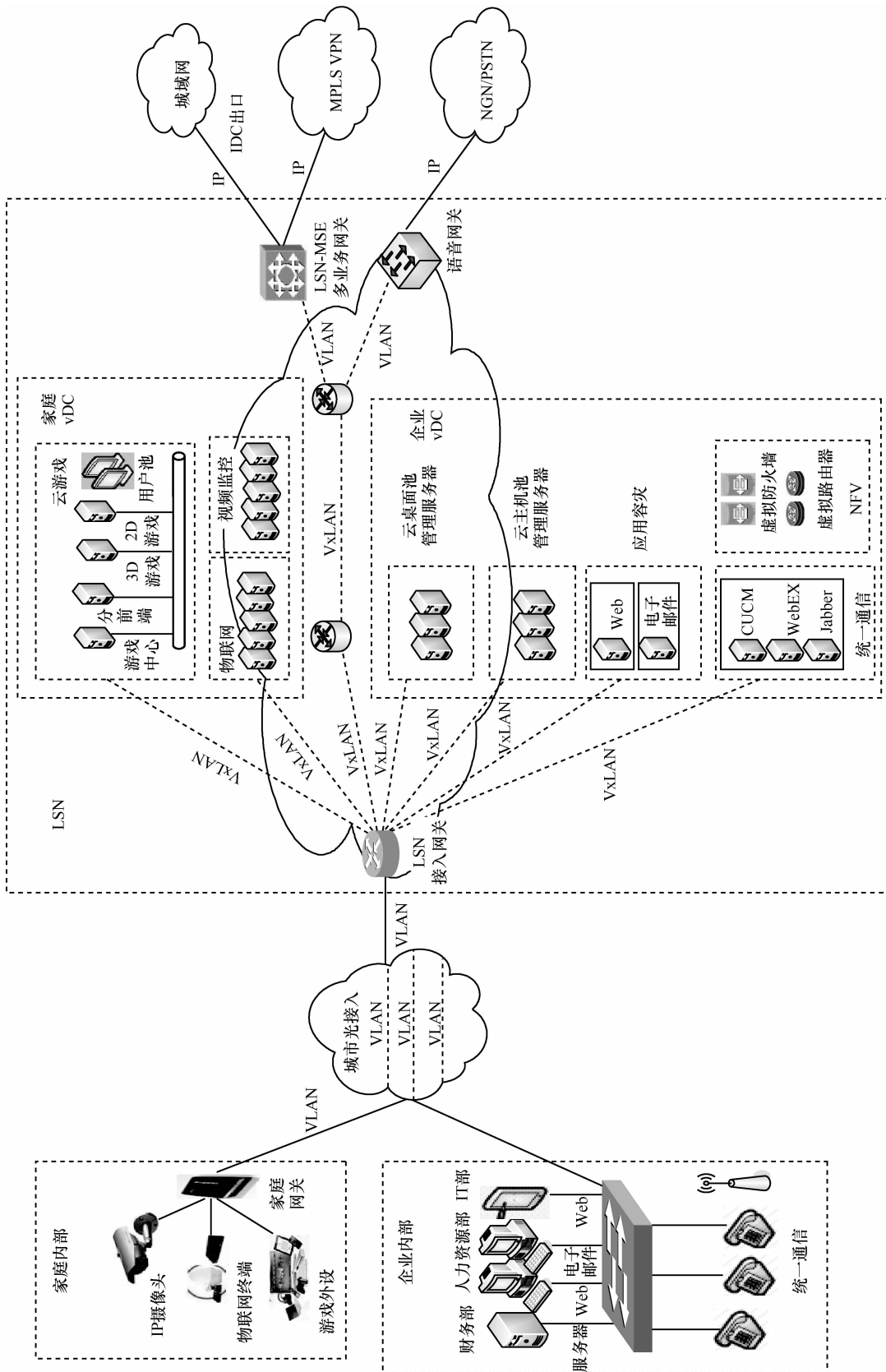


图 13 LSN 架构现网验证组网示意图

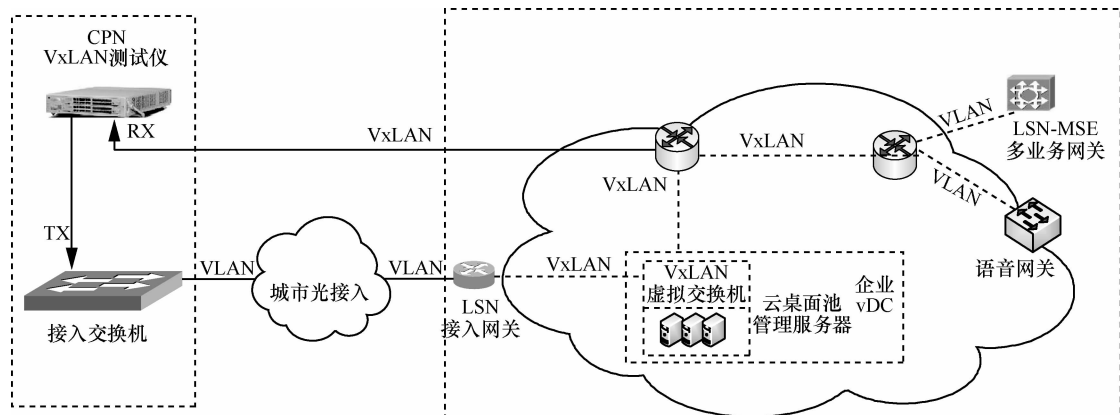
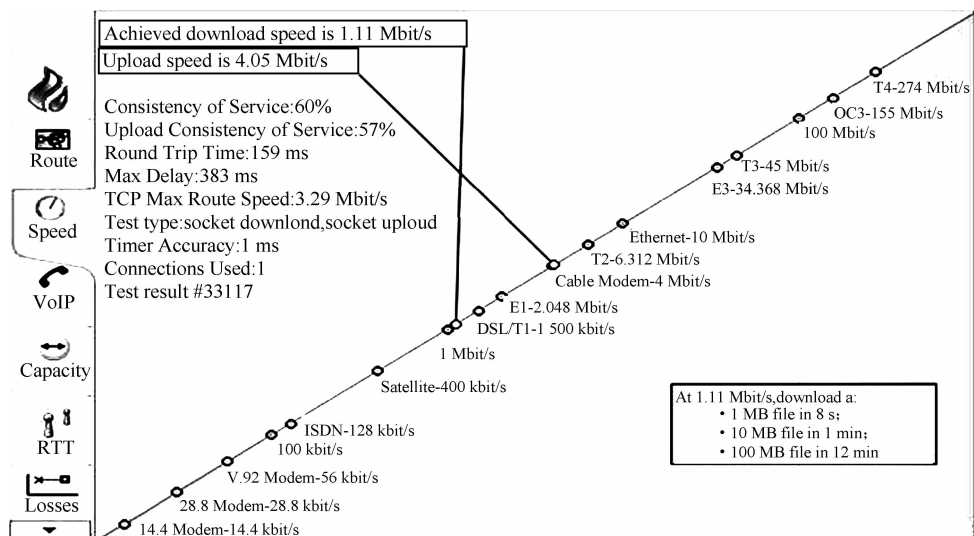
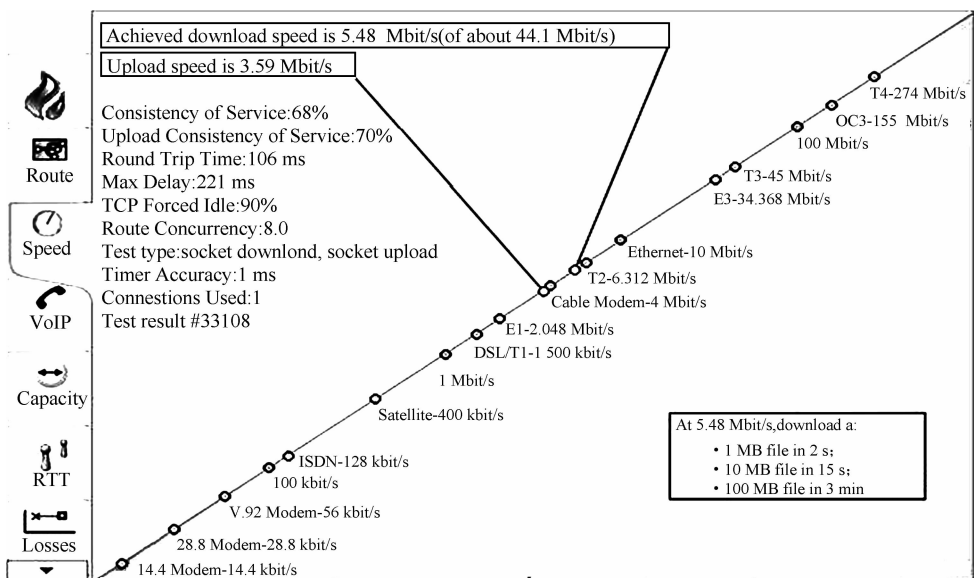


图 14 LSN 二层组网连通性测试示意



(a)执行“应用加速”前的应用下载速率



(b)执行“应用加速”后的应用下载速率

图 15 应用连通性测试结果

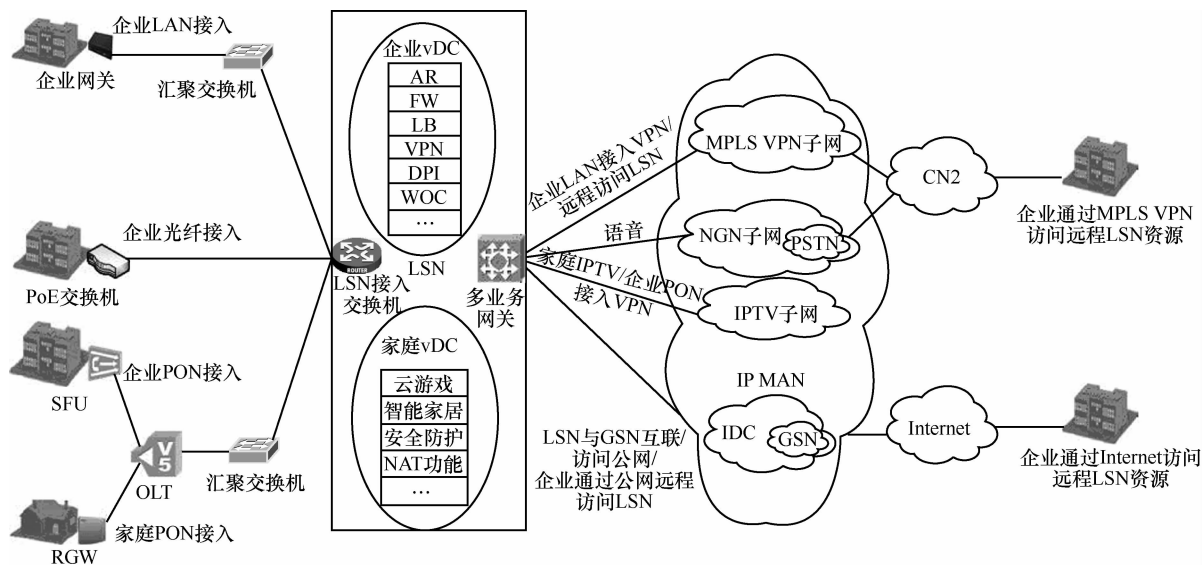


图 16 基于 LSN 的电信运营商本地网架构拓扑示意

入网络;二是将目前 LSN 上联的语音、IPTV 等业务网络平台下移融合到 LSN 中。

未来的本地网络架构或许可以用图 17 表示,即本地网络将由多个 LSN 节点,与一个或多个 GSN 构成。以此架构构建电信运营商的本地网络平台,除了在 LSN 区域范围内支持 ICT 应用服务,通过 GSN 还可以获得第三方基于互联网的其他应用服务。事实上,如果本地网的 LSN 之间或不同的本地网的 LSN 之间实现二层/三层的高速传输互联,不仅可以在本地网内或本地网之间实现 ETSI 所提供的 VNF as a service 的功能,而且基于此架构可实现企业与分支机构、合作伙伴之间包含计算、存储、网络资源的新型互联形式、服务模式及商业模式。认为 LSN 架构同时也是一种可以支持固定网络与无线移动网络的虚拟化运营的架构。

LSN 架构本质上构建了云、管、端一体化的,面向家庭与企业客户的 ICT 的内容与应用执行环境(CAXE)。不同客户除了在 LSN 有其各自对应的按需提供的 vDC 外,其他重要的业务应用与功能模块建议也部署在 LSN 中,如 IPTV/CDN 的分发节点、Wi-Fi 的 AC 与 LBS、传感网络的智能分析模块、C-RAN 的 BBU 模块等。LSN 既是计算、存储资源的服务节点,也将是运营商的网络资源与客户的网络资源服务节点。

当然,在构建这样的本地网络架构时,还面临开发面向万级以上用户的 ICT 多租户开通、编排与用户管理平台的挑战以及提供可视化的支持 SLA 的 ICT 运营维护管理

平台的挑战。LSN 的云数据中心的内部网络架构与管理工具以及基于 LSN 支持新型应用场景,将在其他论文中进行介绍与探讨。

7 结束语

本文提出了未来电信运营商本地网络的一种新型架构——LSN,这类以大二层网络技术实现 CPN 与 LSN 两端计算、存储、网络资源的互联共享的分布式计算环境,将可以发挥电信运营商在光纤接入中的“最后一公里”的优势,为电信运营商提供差异化的 ICT 服务模式提供了可能。通过此架构,试图解决企业与家庭客户传统 ICT 的资金、建设、集成、开发、扩展与运营维护问题;期待通过此架构构建支持固网与无线移动网络的虚拟运营服务;同时也期待此架构有助于支撑电信运营商的网络演进和新型业务发展,有助于电信运营商实现 ICT 的价值转移并重回 ICT 价值链的主导地位。

在 LSN 内,未来融合无线移动接入网的 C-RAN,特别是 LSN 承载 BBU 的功能虚拟化,从而在 LSN 内实现固定接入网与无线移动接入网的融合是非常值得关注的 LSN 架构功能拓展。

在后续研究与测试验证中,将进一步探索,基于 LSN 架构,如何部署面向智慧商圈、智慧园区、智慧社区等智慧城市的应用;笔者也特别关注于以视频监控为基础的传感网络/物联网的融合课题;还将进一步探索与构建以 LSN 为基础的“云、管、端”CAXE 的软件服务架构。

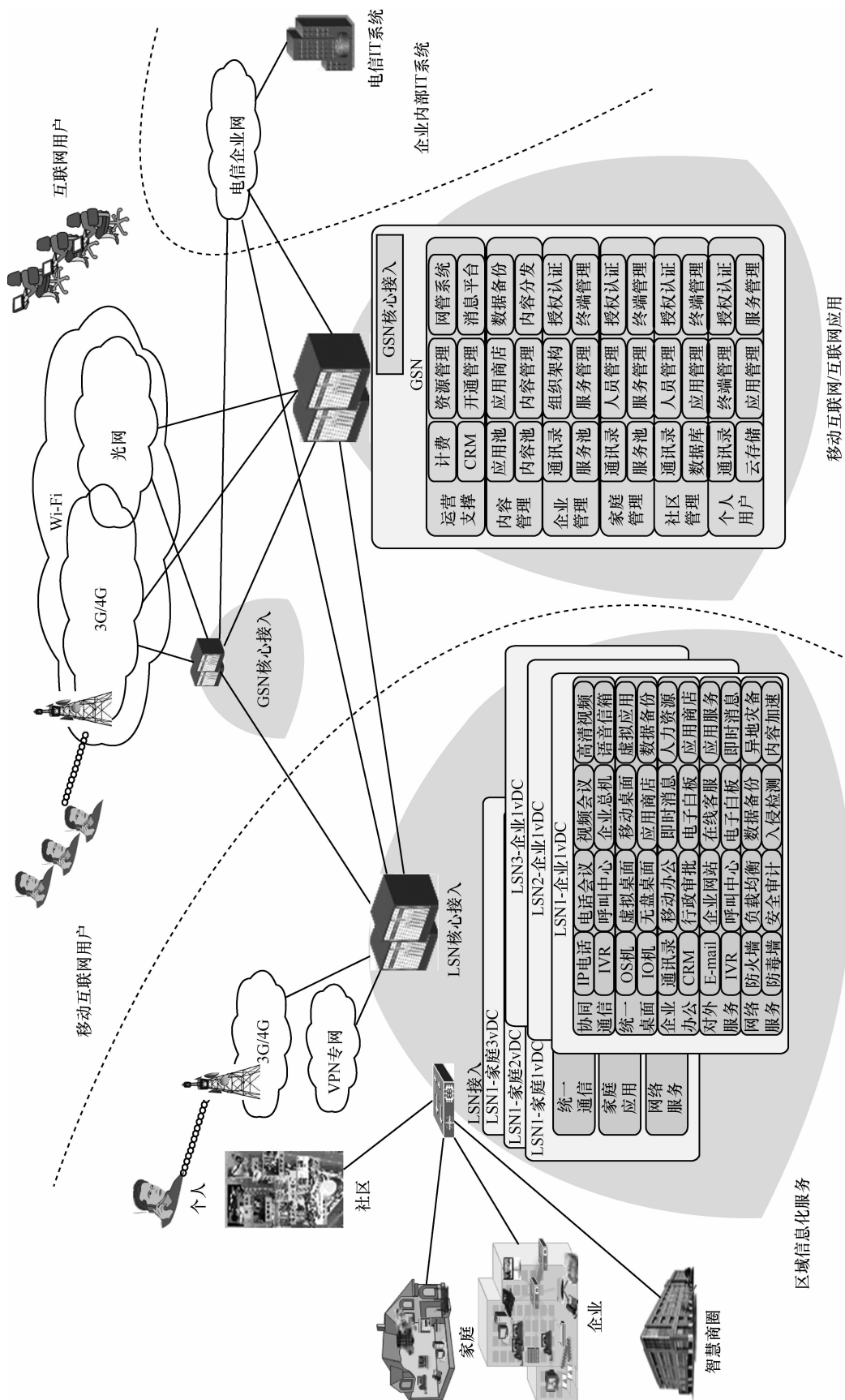


图 17 未来的电信运营商本地网络总体架构示意图



参考文献

- 1 ETSI ETSI_gs_NFV001 v010101p(Network Functions Virtualization (NFV);Use Cases),2013
- 2 ETSI ETSI_gs_NFV002v010101p(Network Functions Virtualization (NFV);Architectural Framework),2013
- 3 ETSI ETSI_gs_NFV004v010101p(Network Functions Virtualization (NFV);Virtualization Requirements),2013
- 4 IDC. Top 10 predictions. IDC predictions 2013: competing on the 3rd platform. <http://www.idc.com/research/Predictions13/downloadable/238044.pdf>
- 5 IDC 发布 2014 年中国 ICT 市场十大预测. <http://www.hit180.com/7320.html>
- 6 IEEE Std 802.3-2012. IEEE Standard for Ethernet, 2012
- 7 IEEE Std 802.3bk-2013. IEEE Standard for Ethernet-Amendment 1: Physical Layer Specifications and Management Parameters for Extended Ethernet Passive Optical Networks,2013
- 8 Joysula V,Orr M. 云计算与数据中心自动化. 张猛译. 北京:人民邮电出版社,2012
- 9 吴志明. 互联网时代电信运营商面临的困境及云计算机遇. 移动通信,2010,34(11):39~43
- 10 张届新,吴志明,徐文华. 面向 vDC 的 overlay 网络关键技术研究. 电信科学,2014,30(5):138~142



傅志仁,男,博士,中国电信股份有限公司上海分公司信息网络部总经理、教授级高级工程师,主要研究方向为云数据中心组网、信息网络。



张宏斌,男,中国电信股份有限公司上海分公司信息网络部高级工程师,主要研究方向为云计算。



徐文华,男,中国电信股份有限公司上海分公司信息网络部副总工程师、高级工程师,主要研究方向为数据网络、数据中心组网。



张届新,女,中国电信股份有限公司上海分公司信息网络部高级工程师,主要研究方向为数据网络、数据中心组网。

[作者简介]



吴志明,男,博士,中国电信股份有限公司上海分公司信息网络部副总经理、高级工程师,主要研究方向为互联网络技术、云计算、数据中心、信息网络等。

(收稿日期:2014-06-30)

·简讯·

2014 年 6 月份通信业经济运行情况

6 月份,我国 3 家基础电信企业通信业务整体发展基本稳定。

电信业务总量和收入同比增长趋缓。6 月份,全国电信业务总量完成 1 478.4 亿元,同比增长 13.6%;3 家基础电信企业电信业务收入完成 978.4 亿元,同比下降 0.6%。

1-6 月,全国电信业务总量累计完成 8 619 亿元,同比增长 15.1%,比 1-5 月同比增长回落 0.3 个百分点;3 家基础电信企业电信业务收入累计完成 5 957.3 亿元,同比增长 5.6%。

6 月份,全国移动电话用户净增 407.1 万户,8 Mbit/s

以上固定宽带接入用户净增 325.7 万户。

移动电话普及率达 92.6%,移动宽带用户上半年净增超 8 000 万户。1-6 月,移动电话用户净增 3 132 万户,仅为上年同期净增数的一半,总数达到 12.60 亿户。移动电话普及率达 92.6 部/百人,比上年末提高 2.3 部/百人,北京、广东、浙江、上海、福建、内蒙古、辽宁和江苏 8 省市移动用户普及率超过 100 部/百人。3G 和 4G 用户保持加快替代 2G 趋势,移动宽带用户(即 3G 和 4G 用户)数累计净增 8 312.9 万户,总数达到 4.85 亿户,占移动电话用户的比重达 38.5%,平均每月提高 1 个百分点。

(来源:工业和信息化部运行监测协调局)