

移动边缘计算促进5G发展的分析

Analysis of Mobile Edge Computing Promoting 5G Development

戴 晶,陈 丹,范 斌(中国联通网络技术研究院,北京 100048)

Dai Jing, Chen Dan, Fan Bin (China Unicom Network Technology Research Institute, Beijing 100048, China)

摘 要:

在可预见的未来5G网络数据量激增的背景下,为了满足更高带宽、更低时延等用户体验,移动边缘计算(MEC)技术正在引起业界相当多的重视。结合5G网络发展趋势分析了 MEC 的关键技术及其对 5G 的促进作用,就 MEC 的典型应用场景进行了举例说明,并给出了从 4G 到 5G 网络的 MEC 平滑过渡部署建议。

关键词:

5G; 移动边缘计算; 内容感知; 跨层优化; C/U 平面分离

doi: 10.16463/j.cnki.issn1007-3043.2016.07.002

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

文章编号: 1007-3043(2016)07-0004-05

Abstract:

With the foreseen exponential growth of data in the future 5G network, to satisfy the quality of user experience such as higher bandwidth and lower latency, the technology of mobile edge computing (MEC) is gaining considerable attention in the industry. The key technologies of MEC as well as its promotion on 5G are analyzed combined with 5G network development trends. Typical use cases of MEC are described by examples. Besides, the deployment suggestions of MEC are presented for smooth transition from 4G to 5G network.

Keywords:

5G; Mobile edge computing; Content awareness; Cross-layer optimization; C-plan/U-plan split

1 概述

在 LTE 现网条件下,对带宽要求较高的如 4K/8K 超高清视频、虚拟现实(VR)等内容难以承载;而诸如车联网、增强现实(AR)等要求时延极小的应用场景,更是难以在现有的移动网络中实现。从全球各大研究机构和标准化组织对 5G 需求的研究现状来看,在可预见的未来 5G 网络中,上述应用需求都应当得到满足^[1-2]。于是,将上述对带宽、时延要求苛刻的业务数据的转发路径止于无线侧的理念越来越成为业界共识,而伴随该理念应运而生的移动边缘计算(MEC)则成

为了未来 5G 网络提高用户体验的关键技术。

ETSI 对 MEC 的定义为:“在移动网边缘提供 IT 服务环境和云计算能力”^[3],强调靠近移动用户,以减少网络操作和服务交付的时延,提高用户体验。ETSI 目前也有相应的行业规范组在负责相关标准制定。其他研究机构和标准化组织如 NGMN、3GPP 等,在研究和制定下一代移动通信网标准时也都有考虑 MEC。NGMN 的研究中相应的概念名为“智能边缘节点”,3GPP 在 RAN3 和 SA2 子工作组中各自都有与 MEC 相关的立项。另外,国内标准化组织 CCSA 也有名为“面向服务的无线接入网”(SoRAN)的项目课题研究。

除了高带宽和低时延的 5G 应用需求驱动,诸如内容感知、网络能力开放、C/U 分离等技术,也都和 MEC

收稿日期: 2016-06-06

有着紧密联系。对 MEC 关键技术与 5G 趋势技术进行结合分析,可以从多个角度得知 MEC 对 5G 发展具有促进作用。将 MEC 在现网中可部署的应用服务与 5G 发展趋势联系起来,同时考虑,有助于 MEC 从 4G 现网到未来 5G 网络的平滑过渡。

2 MEC 的关键技术与 5G 趋势技术的联系分析

本章将从几个不同的角度,包括 MEC 的关键技术如业务和用户感知、跨层优化等,以及诸如网络能力开放、C/U 分离等 5G 趋势技术,来分析 MEC 对 5G 发展的促进作用。

2.1 业务和用户感知

传统的运营商网络是“哑管道”,资费和商业模式单一,对业务和用户的管控能力不足。面对该挑战,5G 网络智能化发展趋势的重要特征之一就是内容感知,通过对网络流量的内容分析,可以增加网络的业务黏性、用户黏性和数据黏性。

同时,业务和用户感知也是 MEC 的关键技术之一,通过在移动边缘对业务和用户进行识别,可以优化利用本地网络资源,提高网络服务质量,并且可以对用户提供差异化的服务,带来更好的用户体验。

其实,为了改变哑管道的不利地位属性,部分运营商目前已经在现网 EPC 中开展了业务和用户识别的部分相关工作,主要依靠深度包解析(DPI)^[4]得到的 URL 信息进行关键字段匹配,目前第三方后向收费的资费模式也正处在尝试和逐步推进的过程中。与核心网的内容感知相比,MEC 的无线侧感知更加分布化和本地化,服务更靠近用户,时延更低,同时业务和用户感知更有本地针对性。但是,与核心网设备相比,MEC 服务器能力更受限。对于 DPI 的计算开销^[5]能否承受,怎样减小开销(比如采用终端或核心网辅助解析的方式将部分应用层信息传递到低层协议头中)等问题,都有待研究形成业界共识。此外,对 HTTPS 加密数据的 DPI 目前还不成熟,相关的解析标准也还在制定中。

MEC 对业务和用户的感知,将促进运营商传统的哑管道向 5G 智能化管道发展。

2.2 跨层优化

跨层优化在学术界已经有相当多的研究工作^[6],但该思想应用于现网还相对不多,MEC 为此提供了契机。MEC 由于可以获取高层信息,同时由于靠近无线侧而容易获取无线物理层信息,十分适合做跨层优

化。跨层优化是提升网络性能和优化资源利用率的重要手段,在现网以及 5G 网络中都能起到重要作用。目前 MEC 跨层优化的研究主要包括视频优化、TCP 优化等。

移动网中视频数据的带宽占比越来越高,这一趋势在未来 5G 网络中将更加明显。当前对视频数据流的处理是将其当做 Internet 一般数据流处理,有可能造成视频播放出现过多的卡顿和延迟。而通过靠近无线侧的 MEC 服务器估计无线信道带宽,选择适合的分辨率和视频质量来做吞吐率引导,可大大提高视频播放的用户体验。

另一类重要的跨层优化是 TCP 优化。TCP 类型的数据目前占据 Internet 流量的 95%至 97%。但是,目前常用的 TCP 拥塞控制策略并不适用于无线网络中快速变化的无线信道,造成丢包或链路资源浪费,难以准确跟踪无线信道状况变化^[7]。通过 MEC 提供无线低层信息,可帮助 TCP 降低拥塞率,提高链路资源利用率。

其他的跨层优化还包括例如对用户请求的 RAN 调度优化(比如允许用户临时快速申请更多的无线资源),以及对应用加速的 RAN 调度优化(比如允许速率遇到瓶颈的应用程序申请更多的无线资源)等。

2.3 网络能力开放

网络能力开放旨在实现面向第三方的网络友好化,充分利用网络能力,互惠合作,是 5G 智能化网络的重要特征之一。除了 4G 网络定义的网络内部信息、QoS 控制、网络监控能力、网络基础服务能力等方面能力的对外开放外,5G 网络能力开放将具有更加丰富的内涵,网络虚拟化、SDN 技术以及大数据分析能力的引入,也为 5G 网络提供了更为丰富的可以开放的网络能力。

由于当前各厂商设备各异,缺乏统一的开放平台,导致网络能力开放需要对不同厂商的设备分别开发,加大了开发工作量。ETSI 对 MEC 的标准化工作中很重要的一块就是网络能力开放接口的标准化,包括对设备的南向接口和对应用的北向接口。MEC 将对 5G 网络的能力开放起到重要支撑作用,成为能力开放平台的重要组成部分,从而促进能力可开放的 5G 网络的发展。

2.4 C/U 分离

MEC 由于将服务下移,流量在移动边缘就进行本地化卸载,计费功能不易实现,也存在安全问题。而

C/U分离技术通过控制面和用户面的分离,用户面网关可独立下沉至移动边缘,自然就能解决MEC计费和安全问题。所以,作为5G趋势技术之一的C/U分离同时也是MEC的关键技术,可为MEC计费和安全提供解决方案。

MEC相关应用需求的按流量计费功能和安全保障需求,将促使5G网络的C/U分离技术的发展。

2.5 网络切片

网络切片作为5G的网络关键技术之一,目的是区分出不同业务类型的流量,在物理网络基础设施上建立起更适应于各类型业务的端到端逻辑子网络。MEC的业务感知与网络切片的流量区分在一定程度上具有相似性,但在流量区分的目的、区分精细度、区分方式上都有所区别,如表1所示。

表1 网络切片与MEC的流量区分比较

	网络切片	MEC
流量区分目的	逻辑上区分为网络的不同切片	仅决定是否进行流量卸载
流量区分精细度	按业务类型区分(如eMBB类型、uRLLC类型、mMTC类型等)	按业务、按服务提供商、按用户区分均可支持(精细度更高)
流量区分方式	一般认为按PDN连接类型(APN)进行流量区分	依赖于L3/L4信息(典型如IP五元组)以及应用层信息区分数据流

MEC与网络切片的联系还在于,MEC可以支持对时延要求最为苛刻的业务类型,从而成为超低时延切片中的关键技术。MEC对超低时延切片的支持,丰富了实现网络切片技术的内涵,有助于驱使5G网络切片技术加大研究力度、加快发展。

3 MEC典型应用场景分析

根据第2章的分析,MEC典型应用场景主要的技术指标特征是高带宽和低时延,同时在本地图具有了一定的计算能力;商业模式特征主要包括通过业务和用户识别使能的第三方业务区别化(对不同的第三方业务差异化地提供网络资源、开放网络能力),用户个性化(对不同用户差异化的前向或后向收费),以及与具体的部署、服务位置有关的本地情境化。表2归纳了MEC的几种典型应用及其所具有的特征。

3.1 视频缓存与优化

该应用的目的在于视频播放加速,提高用户体验,尤其有助于4K/8K超高清视频和VR等对带宽要求高的内容源。牵涉到如下3种可能应用到的技术。

表2 几种应用案例所具有的MEC典型特征

MEC应用案例	技术指标特征			商业模式特征		
	高带宽	低时延	本地高计算能力	第三方业务区别化	用户个性化	本地情境化
视频缓存与优化	√	√		√	√	
本地流量爆发	√	√				√
监控数据分析	√	√	√			√
增强现实	√	√	√	√	√	√
大型场所的新型商业模式	√			√	√	√

a) 本地缓存。将内容缓存到靠近无线侧的MEC服务器上,用户发起内容请求,MEC服务器检查本地是否有该内容,如果有则直接服务;否则去Internet服务提供商处获取,然后内容可缓存至本地供其他用户访问。该技术的核心问题在于内容的命中率,从而决定缓存设备的投资回报率。

b) 基于无线物理层吞吐率引导的跨层视频优化。实质是下层信息传递给上层,根据物理层无线信道的质量,MEC服务器决定为UE发送视频的清晰度、质量等,在减小网络拥塞率的同时提高链路利用率,从而提高用户体验。

c) 用户感知。通过在移动边缘用户感知,可以确定用户的服务等级,实现对用户差异化的无线资源分配和数据包时延保证,合理分配网络资源提升整体的用户体验。当然,差异化的用户等级服务也可实现比如前向免流量、后向收费等新的资费和商业模式。

3.2 本地流量爆发

本地IP流量爆发类应用特别适合于本地超高带宽和超低延迟的业务^[8]。当UE附着网络并从核心网获取IP地址后,UE为某项业务应用初始化IP请求。接入网可以通过识别数据包的地址、端口(IP五元组)或UE ID,并且基于这些信息与本地数据服务器建立IP连接。

典型场景例如球场、赛场等实时直播,多角度拍摄的视频经过MEC服务器向本地用户转发,用户可以随意选择观看,实时多角度观察了解赛事状况。类似的场景还有热点区域实时路况的视频转发等。

3.3 监控数据分析

当前的视频监控采用以下2种典型的数据处理方式。

a) 在摄像头处理,缺点是要求每个摄像头都具备视频分析功能,会大大提高成本。

b) 在服务器处理,缺点是需要将大量的视频数据

传到服务器,增加核心网负担且延迟较大。而使用具有较高计算能力的MEC服务器来处理,可降低摄像头的成本,同时不会对核心网造成负担,并且延迟较低。

典型应用包括车牌检测(收费站、停车场等)、防盗监控等需要视频数据分析的应用。

3.4 增强现实

增强现实(AR)是当前的关注热点。AR将真实世界和虚拟世界的信息集成,在三维尺度的空间中增添虚拟物体和信息,具有实时交互性。AR的应用场景涵盖了军事、医疗、娱乐、教育、影视等诸多领域。

AR的技术指标要求首先包括高数据量和低时延,此外,对数据库的匹配等计算还要求本地有一定的计算能力。可能商业模式利润间接来自用户(含在旅游景点、博物馆门票中或类似方式),以及在移动边缘进行广告等内容推送。

3.5 大型场所的新型商业模式

MEC的该类型应用大体上可分为商场和办公楼(工业园区)2种场景。商场需要关注盈利模式,盈利手段可以是与所在位置商场或消费区域的商家高度相关的广告、优惠券打折等信息推送,以及对于特定商家特定账户的免费服务(类似于1 h免费手机电影),以吸引顾客前来等。对运营商的优势在于提供了基于大数据分析的多元化客户服务,有助于拓宽运营商盈利途径。

办公楼(工业园区)可以通过与物业所有者(公司)之间类似于“通信服务换配合建网运维”的共赢模式(比如提供一定数量的本地流量免费账户),缓解了运营商在室内网络建设和维护中与物业所有者的协商困难,降低了网建和日常运维成本(电费等开销)。另外,通过企业移动网络的整合,提高了用户黏性。而对于企业,MEC相对于目前更常见的WLAN室内覆盖,提高了网络安全性。总体来说,可以让运营商、企业、物业多方受益。

4 MEC从4G到5G的平滑过渡部署建议

本章将基于MEC的上述技术特征及其适合的商业应用,就运营商的MEC战略给出适应于从4G现网到未来5G网络平滑过渡的部署建议,分为以下3个阶段。

4.1 阶段1

基于4G EPC现网架构,MEC部署在eNodeB之后、S-GW之前。MEC部署在基站汇聚节点后,即多个

eNodeB共享一个MEC服务器。MEC服务器可以为单独网元,也可把MEC的功能集成在汇聚点或eNodeB内。MEC服务器位于LTE S1接口上,对UE发起的数据包进行SPI/DPI报文解析,决策出该数据业务是否可经过MEC服务器进行本地分流。若不能,则数据业务经过MEC透传给核心网S-GW。如图1所示。

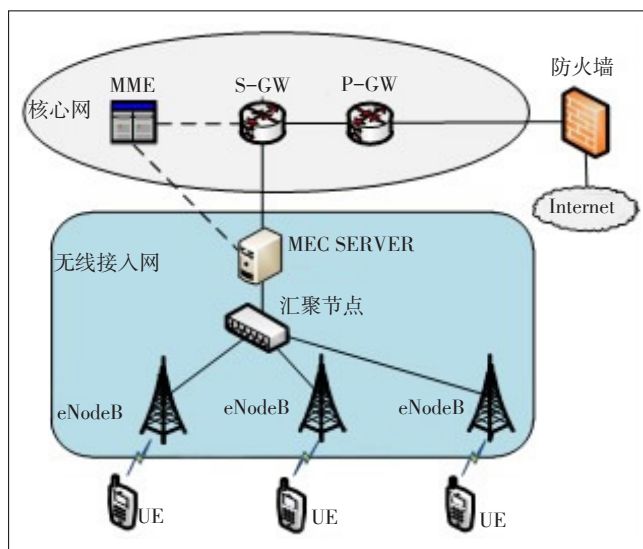


图1 阶段1部署建议: MEC服务器部署在RAN侧汇聚节点后

具体到部署要求,有以下几点值得注意。第一,虚拟化方面,MEC服务器尽量基于通用的虚拟化平台,以期未来可经过软件升级的方式实现4G到5G的平滑过渡。同时,与现网中的非通用网元虚实共存,促进现有网元的虚拟化替代,并期待网络在未来向全面虚拟化转型。第二,基于部署推动力的考虑,强调业务优先、分场景部署。针对大数据量、低时延等典型业务,优先考虑用MEC进行本地分流,降低传输及核心网压力。第三,对于LTE新建站(包括宏站和微站),在有具体业务需求的情况下,建议NodeB与MEC服务器同时部署,实现一次进站、统一管理。此外,对于LTE已建站(包括宏站和微站),在有具体业务需求的情况下,也可打断S1-U接口并部署MEC服务。

阶段1的方案因为考虑到现网条件,以及尚未冻结的相关技术标准等,因此存在如下几个问题。第一,由于EPC的网关在现网中并没有实现分布式部署,MEC服务器只能部署在网关之前,流量计费存在问题。目前的应对措施是,由MEC服务器把统计的流量上报给核心网(本地流量可适当打折计费),或者运营商与OTT厂商之间切磋新的商业模式(例如可通过提升场馆门票、广告推送等方式)。第二,由于标准尚

未冻结,目前MEC服务器与eNodeB需要为同厂家设备,采用私有化接口,限制了运营商的选择。目前应对措施是转被动为主动,运营商需要联手在3GPP等国际组织推动MEC接口的标准化。第三,考虑到用户隐私及法规政策等因素,基站可开放哪些信息尚不明确,影响了MEC服务器对用户业务的感知优化。目前的应对措施是优先开放用户不敏感信息,并尽快推动MEC网络能力开放的标准化工作。

4.2 阶段2

MEC部署在下沉的用户面网关(GW-U)之后,与阶段1的部署方式并存。LTE C/U分离标准冻结后,异厂家的GW-U与GW-C可实现标准化对接。在有具体业务需求的情况下,新建站建议采用基于C/U分离的NFV架构,MEC部署在GW-U之后,如图2所示。对于已建站,建议可保留,与阶段2的新部署方式并存。

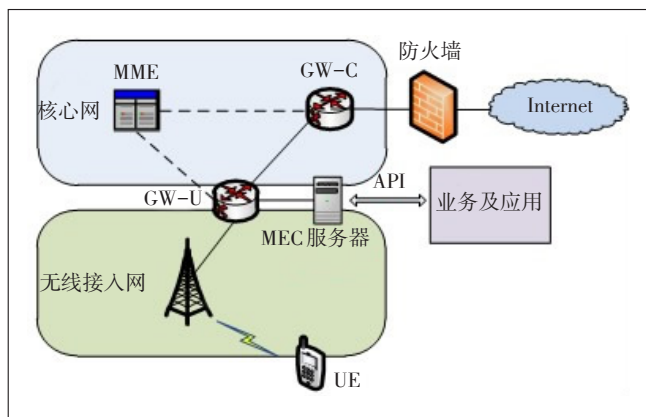


图2 阶段2部署建议: MEC服务器部署在GW-U之后

在基于C/U分离的传统或NFV架构下,MEC服务器与GW-U既可集成也可分开部署,共同实现本地业务分流。

4.3 阶段3

在基于SDN/NFV的5G网络架构下,DC采用分级部署的方式,MEC作为CDN最靠近用户的一级,与GW-U以及相关业务链功能部署在边缘DC,控制面功能集中部署在核心网DC

预期中的5G网络部署包括3级,由下到上为边缘DC、核心DC和全国级核心DC。具体地,全国级核心DC以控制、管理和调度职能为核心,可按需部署于全国节点,实现网络总体的监控和维护;核心DC可按需部署于省一级网络,承载控制面网络功能,例如移动性管理、会话管理、用户数据和策略等;边缘DC可按

需部署于地(市)一级或靠近网络边缘,以承载媒体流终结功能为主,需要综合考虑集中程度、流量优化、用户体验和传输成本来设置。边缘DC主要包括MEC、下沉的用户面网关GW-U和相关业务链功能等,在有些场景下,部分控制面网络功能也可以灵活部署在边缘DC。

5 总结

本文分析了MEC的关键技术对5G网络发展的促进作用,举例说明了MEC典型应用类型,并基于上述特征和4G现网特点提出了从4G到5G的MEC平滑过渡部署建议。对于运营商的5G网络发展,需要以MEC商业应用推动其落地部署;此外,还需充分利用MEC技术对5G发展的推动和促进作用,促进5G网络的发展,在5G战略上取得先机。

参考文献:

- [1] 5G愿景与需求(白皮书)[EB/OL]. [2016-04-26]. <http://www.docin.com/p-890406206.html>.
- [2] NGMN 5G White Paper[EB/OL]. [2016-04-26]. <http://www.ngmn.org/5g-white-paper.html>.
- [3] Mobile Edge Computing - A Key Technology Towards 5G[EB/OL]. [2016-04-26]. <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/mobile-edge-computing>.
- [4] 边凌燕,贺仁龙,姚晓辉. 基于DPI数据挖掘实现URL分类挂载的相关技术研究[J]. 电信科学, 2013, 29(11): 6-11.
- [5] DHARMAPURIKAR S, KRISHNAMURTHY P, SPROULL T S, et al. Deep packet inspection using parallel Bloom filters [C]// High PERFORMANCE Interconnects, 2003. Proceedings. Symposium on. 2003: 52-61.
- [6] FOULAKAS F, GAZIS V, ALONISTIOTI N. Cross-layer design proposals for wireless mobile networks: A survey and taxonomy [J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2008, 10(1): 70-85.
- [7] 3GPP R3-160827: Use Cases of Context Aware Service Delivery [EB/OL]. [2016-04-26]. http://www.3gpp.org/ftp/TSG_RAN/WG3_Iu/TSRG3_91bis/Docs/.
- [8] CHIBA T, ITO M, YOKOTA H, et al. Implementation and evaluation of local breakout method for IP-based femtocell networks [C]// International Conference on Advanced Technologies for Communications, IEEE, 2010: 249-254.

作者简介:

戴晶,毕业于中国科学院大学,工程师,博士,主要研究方向为LTE/5G无线新技术、移动边缘计算(MEC)等;陈丹,毕业于北京邮电大学,高级工程师,主要研究方向为LTE/5G无线新技术、移动边缘计算(MEC)、SMALL CELL、IP微波等;范斌,高级工程师,博士,主要负责5G关键技术研究及标准化工作。