



面向云化 EPC 的 mobile CDN 融合架构研究 *

李素粉¹,董 晖²,房秉毅¹,张云勇¹,吴 俊³

(1. 中国联合网络通信有限公司研究院 北京 100048;

2. 中国联合网络通信集团有限公司 北京 100048;3. 北京邮电大学 北京 100876)

摘 要:基于现有移动 CDN 和核心网云化研究基础,探讨在云化的 EPC 资源上部署 CDN 节点的实现方法。首先分析了移动 CDN 节点在 LTE 核心网的部署方案以及核心网云化方案,进而探讨并构建了基于云化 EPC 资源的移动 CDN 融合网络架构,利用虚拟化技术实现 MCDN 服务节点资源共享和系统扩展,提高 LTE 核心网和 CDN 系统的可靠性和效率。

关键词:EPC;移动内容分发网络;核心网

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2014.11.005

Research on the Mobile CDN Integration Architecture in Virtualized EPC

Li Sufen¹, Dong Hui², Fang Bingyi¹, Zhang Yunyong¹, Wu Jun³

(1. China Unicom Research Institute, Beijing 100048, China;

2. China United Network Communications Corporation Limited, Beijing 100048, China;

3. Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

Abstract: Based on the current research on mobile CDN and core network virtualization, the method of deploying MCDN service nodes on virtualized EPC resources were discussed. First, the deployment solution of MCDN under the LTE was analyzed, as well as the virtualization solution of core net. Then a MCDN integration architecture was proposed on the basis of virtualized EPC resources, which can archive resources sharing and system expansion of MCDN service nodes by using virtualization technology and improve the reliability and efficiency of LTE and CDN.

Key words: evolved packet core, mobile content distribution network, core net

1 引言

随着 LTE 网络的部署,移动网络流量将出现爆发性增长,移动核心网面临潜在的巨大流量压力。为应对 4G 流量增长挑战,部署面向无线网络的 CDN (content distribution network,内容分发网络)服务节点为缓解核心网流量压力提供了思路,即移动 CDN (mobile CDN,

MCDN),其通过在移动核心网或无线网侧部署 CDN 服务节点,实现 CDN 内容资源进一步下沉。

LTE 网络环境下,EPC (evolved packet core,演进的分组核心网)成为 mobile CDN 服务节点的主要放置位置,CDN 基础设施资源如何建设成为决定 mobile CDN 组网架构的一个重点问题。服务节点的基础设施资源包括计算、存储和网络等资源,其建设可以分为两种模式,一种是在

* 国家自然科学基金资助项目(No.71172134),“新一代宽带无线移动通信网”国家科技重大基金资助项目专项(No.2012ZX03002001-002, No.2013ZX03002004-002, No.2013ZX03002003-005)



现有 EPC 旁挂或者附加 CDN 设备,另一种是利用现有 EPC 资源进行 CDN 内容承载,即 CDN 服务节点建设在 EPC 资源上。前者属于松耦合模式,在现网附加一层 CDN,CDN 与 LTE 之间通过定义接口进行信息交互,是目前研究的主要模式。后者由于 MCDN 的承载资源由 EPC 提供并管理,属于紧耦合模式,现网 EPC 标准化程度高,难以实现资源共享的紧耦合模式。然而在新技术逐渐推动下,核心网云化程度不断深化,为实现 EPC 承载 MCDN 基础设施的紧耦合模式提供了思路和技术基础。随着云计算、NFV/SDN 等技术的逐渐成熟,核心网云化已经成为研究热点与未来的发展趋势。云化的核心网对 EPC 资源实现逻辑上集中统一管理,使得能够灵活管控 EPC 资源并可以根据业务需要对其进行灵活伸缩,从而使云化的 EPC 向 mobile CDN 提供基础设施资源成为可能。

目前该领域研究较少,相关文献主要从 MCDN 和核心网云化两方面进行研究。

在 MCDN 方面,参考文献[1]提出一种 MCDN 实现方案,通过在标准的 EPC 网络中增加一个网元 L-GW,与 eNode B 直接连接,MME 判断用户请求并根据判断结果将用户请求分流到 L-GW,实现对 EPC 的数据业务分流,如图 1 所示。然而新增网元的管理及安全性,对 EPC 带来潜在压力和安全隐患。参考文献[2]提出一种在核心网用户网元(SGSN、SGW)部署 MCDN 的实现方案,移动核心网网元和 MCDN 设备采用以太网直连方式,并在移动核心网网元配置 IP 协议栈,因此,在移动核心网网元和 MCDN 设备之间,通过以太网链路传输 IP 数据分组。该方案将核心网用户网元与 MCDN 设备以以太网连接,而 MCDN 设备与互联网进行通信,一方面给移动核心网带来安全隐患,另一方面需要核心

网用户网元配置 IP 协议栈,对现有核心网网元通信协议带来挑战。此外,参考文献[3]对 MCDN 网络优化与加速策略进行了探讨。

核心网云化是目前研究的一个热点和未来发展趋势,参考文献[4,5]分析了核心网网元设备云化可行性,认为控制面网元设备具有云化条件。参考文献[4]基于 SDN 理念给出一种核心网虚拟化架构,将原 EPC 承担的数据面功能网元的控制面和转发面解耦,从而完成 GTP-U 隧道的管理及 GTP-U 数据传输的分离。该方案将 SGW 和 PGW 在同一个控制器下进行统一管理,然而对于未来大规模部署的 LTE 核心网,一般 SGW 部署在普通城市级别的地点,PGW 部署在升级城市地点,地域跨度较大,统一在一个控制器下对于通信效率势必会造成一定影响。业界也有核心网云化相关报道和研究,例如爱立信于 2013 年发布了爱立信云系统(ECS)^[6],提供一种核心网云基础设施解决方案,将提供多数据中心和分布式的云网络架构。

本文基于现有 MCDN 和核心网云化研究基础,探讨在云化的 EPC 资源上部署 CDN 节点的实现方法,云化的 EPC 管理节点具有资源弹性扩展与统一管理等优势,能够为 MCDN 提供基础设施资源。MCDN 基础设施资源与软件系统分离,CDN 运营商在 EPC 提供的基础设施资源上进行软件系统部署与内容运营。首先分析 MCDN 节点在 LTE 核心网的部署方案以及核心网云化方案,进而探讨并构建基于云化 EPC 资源的 MCDN 融合网络架构,利用虚拟化技术实现 MCDN 服务节点资源共享和系统扩展,提高 LTE 核心网和 CDN 系统的可靠性和效率。本文研究内容对移动通信网络引入内容分发网络具有参考意义。

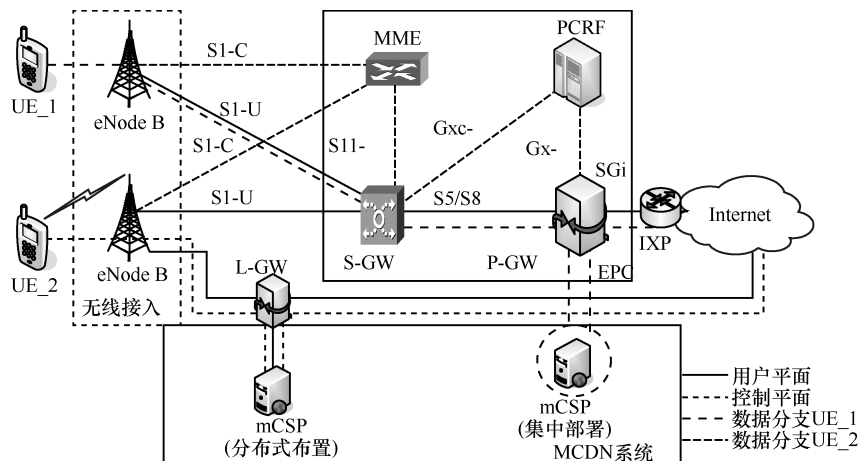


图 1 基于 L-GW 的 MCDN 部署方案

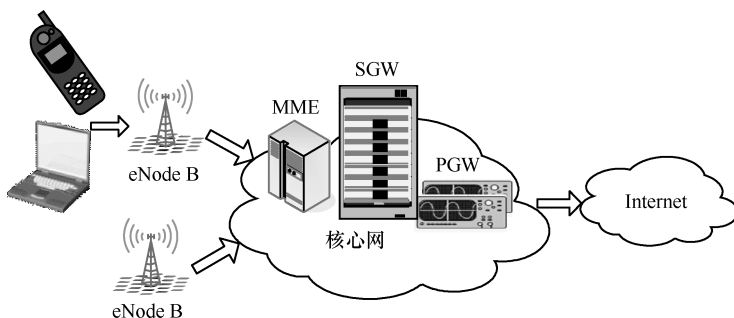


图 2 3GPP LTE 网络结构示意图

2 移动 CDN 部署方案

由 3GPP 定义的 LTE(long term evolution, 长期演进)网络架构,如图 2 所示,它由扁平的无线接入网与 EPC 组成。EPC 主要包含服务网关(serving gateway, SGW)、分组网关(packet data network gateway, PGW)、移动管理实体(MME)等网元。

移动内容分发网络融入移动通信网络架构,最终需要融入移动网络通信机制。移动通信网络融入 MCDN 服务的关键在于如何获取用户 IP 数据分组并进行提前解析和响应。可以考虑在能够获取完整用户 IP 数据分组的网元处部署缓存设备构建 MCDN 系统,在核心网内 eNode B(eNB)、SGSN 和 GGSN 都能获得完整的 IP 分组^[2]。因此,MCDN 节点理论上可以选择放置在 eNode B、SGSN 或 GGSN 这 3 个网元,如图 3 所示。

对于 MCDN 存储节点放置在 eNodeB 后的情况,由于 eNode B 节点数量多、分布范围广,不适合在每个 eNode B 网元后面放置 MCDN 存储节点。针对用户密集的特定区域,可以在 eNode B 网元后增加 LGW 为区域级设备,CDN 部署在 LGW 后端,和 LGW 配套使用,网络架

构如图 4 所示,现网架构不变,仍然以 PGW 为省级锚点设备,MME/SGW 为地市级设备。新增网元 LGW 的功能是 SGW 和 PGW 的集合体,LGW 和 SGW 类似,都归属 MME 管理,LGW 可以下挂 1 个或者多个 eNode B。3GPP 草案已经对 LGW 提出规范定义,用来实现旁路 CDN,目前尚未成为推广标准。参考文献[1]所提方案即属于此种方案。该方案对现网改动较小,需要 MME 支持 LGW 和 SGW 的选择,现网 MME 已经可以支持。新接入设备,可以平滑接入,无新增接口。eNode B 与 LGW 之间接口遵

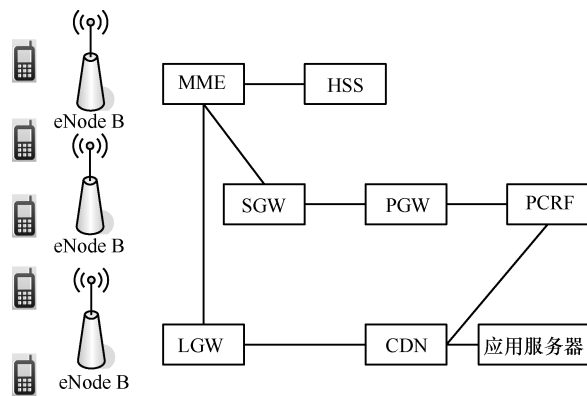


图 4 基于区域设备 LGW 的 MCDN 部署方案示意

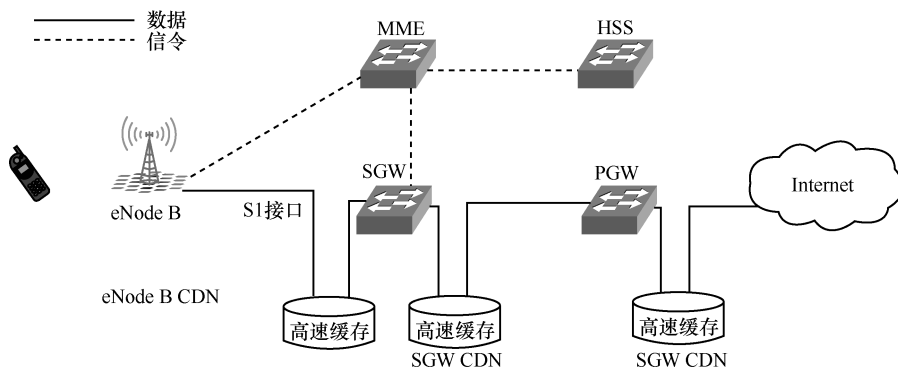


图3 EPC 潜在的 MCDN 放置节点



循 3GPP-U 接口,不需要修改 eNode B。MME 与 LGW 之间接口,不需要修改 MME,这时的 LGW 可以看作 SGW+PGW 的弱化版。该方案适用于某些特定区域,如繁华商业场所和学校等。

对于 MCDN 存储节点放置在 SGW 后的情况,SGW 能够获取完整的用户 IP 数据分组,且 SGW 一般为城市级网元节点,比较适合放置 MCDN 缓存。参考文献[2]所提方案即是在 SGW 后旁挂 CDB 节点,如图 5 所示,其中用户网元指 EPC 中的 SGW,边缘网元指 PGW。用户网元 SGW 从协议栈中获取完整的用户 IP 请求后,通过以太网接口与 MCDN 缓存设备直连,传递 IP 数据分组。MCDN 设备负责 IP 数据分组的解析及请求响应处理。

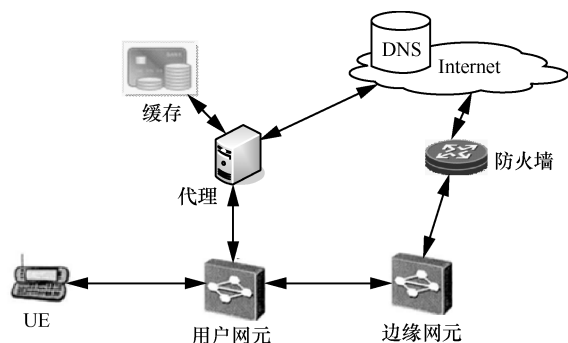


图 5 在 SGW 网元后部署 MCDN 节点的网络架构示意

对于 PGW 后部署 MCDN 存储节点的情况,存储位置接近 EPC 上游边缘,放置缓存节点后对减轻核心网流量负担作用相对较小,在一定意义上,等同于普通 CDN 系统。

对比上述 3 个潜在的 MCDN 放置节点,考虑到核心网网元节点具有云化的可能性和发展趋势,云化的 SGW 节点不仅可以提供城市级的部署位置,而且可以为 MCDN 提供基础设施资源,并提供完整的 IP 数据分组,因此,本文将探讨在云化 SGW 放置 MCDN 的部署方案。

3 移动核心网云化方案

电信核心网络云化能够使得硬件基础设施和上层应用解耦,相对于目前垂直式的应用部署,通过虚拟化技术可以使多种应用共享底层网络资源。成熟的网络虚拟化技术可以灵活调配网络资源,根据应用的负载要求、位置和时间自动化部署、实时迁移、自动缩容和扩容^[6]。

EPC 标准架构具有控制与转发分离的特点,控制面网元通常承载在 x86 服务器,具备虚拟化条件,如 MME。然而,EPC 标准架构中控制与转发分离并不彻底,例如转发

面设备 SGW 同时具有部分控制功能。参考文献[4]基于 SDN 理念给出一种核心网虚拟化架构,将原 EPC 承担的数据面功能网元的控制面和转发面解耦,从而分离 GTP-U 隧道的管理及 GTP-U 隧道的数据传输。如图 6 所示,其中控制面网元为 eNB-C、SGW-C、PGW-C 等,转发面网元为 SGW-D、PGW-D 等。SDN 控制器将 GTP-C 隧道协商及 GTP 隧道上下文信息转换为 SDN 南向接口指令,下发给 SGW-D、PGW-D 等 SDN 转发设备。此外,eNode B/SGW/PGW-D 面网元不仅支持 GTP 隧道协议,也可以提供其他移动性管理体系需要的隧道协议及通用转发需求。

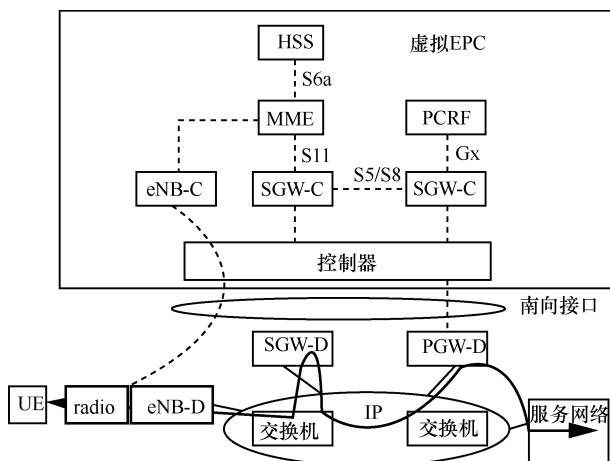


图 6 基于 SDN 的控制与转发深度分离的 EPC 架构

核心网虚拟化和云化研究已经成为当前的一个研究热点,NFV 及 SDN 是移动核心网技术发展的重要方向,现有基于 NFV 实现的核心网网元具有性能不强、通用性差、平均功耗高的问题,难以达到商用要求。基于 NFV/SDN 的移动核心网络设备急需进行标准化及设备研发工作。“新一代宽带无线移动通信网”国家科技重大专项已经对该课题进行立项研究。将研发通用的虚拟网络设备的云管理系统,支持 EPC 网元功能动态部署,支持自动化的硬件资源分配和网元管理,实现节能的效果。实施期限为 2015 年 1 月—2016 年 12 月。核心网虚拟化和云化技术正在走向成熟。

本文针对 EPC SGW 网元,探讨云化方案。基于虚拟化和 SDN 等技术对 SGW 进行云化后,SGW 的基础设施资源可以统一管控和灵活分配使用。云化的 SGW 在逻辑上分为 3 层:技术设施、管理平台 and 上层应用,如图 7 所示。在 SGW 管理平台上增加 MCDNAPP,同时在 SGW 管辖的基础设施资源中分配一定资源给 MCDN 作为存储空间。



图 7 云化 SGW 3 层架构示意

4 基于云化 EPC 资源的 mobile CDN 融合架构

基于前文对 CDN 部署位置和 SGW 云化方案的分析,提出一种基于 SGW 资源的 MCDN 融合架构,如图 8 所示。该系统基于 LTE 核心网,采用 SDN 技术,将核心网网元 SGW 进行虚拟化并统一管控,SGW 功能以应用的形式向外提供服务。MCDN 节点部署在 SGW 网元处,利用虚拟化后的 SGW 服务器资源为 MCDN 提供基础设施资源,具有弹性缩容和扩容等功能。对于用户 UE 的视频、语音和大文件等请求,通过 MCDNAPP 进行提供,在一定程度上避免通过 PGW,从而降低核心网通信负担。

该方案不改变现网总体架构,仍然以 PGW 为省级锚点设备,MME/SGW 为地市级设备。基于虚拟化和 SDN 等技术对 SGW 进行云化后,SGW 的基础设施资源可以统一管控和灵活分配使用。云化的 SGW 在逻辑上分为 3 层:技术设施、管理平台和上层应用。在 SGW 管理平台上增加 MCDNAPP,同时在 SGW 管辖的基础设施资源中分配一定资源给 MCDN 作为存储空间。不同 SGW 所挂 MCDN 节点通过专网直连,形成 MCDN。每个 MCDN 节点保存有整个 MCDN 的内容检索目录,且通过 SGW 云平台实时更新。终端 UE 向 MME 发起业务请求时,MME 解析用户请求信息,判断业务类型,进而根据业务类型,指定 SGW 或者 MCDN 作为承载。如果是视频、音频或者大文件业务类型,则 MME 指定某个 MCDNAPP;反之,则 MME 指定 SGWAPP。

MCDN 工作流程如下。
第一步:判断并转发用户请求。

(1)云化后的 SGW 获取用户的数据请求信息,判断用户请求信息,如果用户请求为视频、音频或大文件类型,则将该请求转发至 MCDNAPP,否则将用户请求转发至 SGWAPP。

(2)对于转发至 SGWAPP 的用户请求,不进行 MCDN 旁路,走常规通信流程。

(3)对于转发至 MCDNAPP 的用户请求,进行 MCDN 旁路,转第二步。

第二步:MCDNAPP 处理用户请求。

(1)MCDNAPP 检索本地 MCDN 节点,如果存有用户所请求的信息,则 MCDNAPP 将该信息封装成 eNode B 能够识别的 GTP 隧道协议,发送给 eNode B;如果本地 MCDN 节点没有用户所请求信息,则转步骤(2)。

(2)检索 MCDN,如果一定地域范围内(如省级地域)某 MCDN 节点存有用户请求信息,则该 MCDN 节点成为目标 MCDN 节点,在用户与目标 MCDN 节点间建立通信链路,MCDNAPP 将该信息封装成 eNode B 能够识别的 GTP 隧道协议,直接发送给用户 UE 所在的 eNode B;如果在一定地域范围内 MCDN 节点均未检索到用户请求,转步骤(3)。

(3)MCDNAPP 向 PGW 发送信息请求,以 GTP 协议封装请求信息,PGW 向 Internet 内容源获取用户所需内容,反馈给本地 MCDNAPP,然后通过 SGW 管理平台将该内容保存到本地 MCDN 存储节点并更新检索目录,同时将该内容信息反馈给用户 UE。

本文所提基于 SGW 基础设施资源的 MCDN 实现方法,云化后的 SGW 资源具有灵活管控特点,能够为 MCDN 提供资源服务。MCDN 直接使用 SGW 资源,一方面便于 MCDN 资源统一管控和资源缩容/扩容,另一方面可以节省建设成本并提高建设速度。在 eNode B 与 MCDN 节点之间建立直接通信链路,使得视频等大容量信息绕开核心网网元 SGW 和 PGW,减轻核心网负担。该方案中 MCDN 节点不与外部 Internet 直接通信,所有缓存内容均通过 PGW 获取,从而避免互联网病毒或不良信息进入移动核

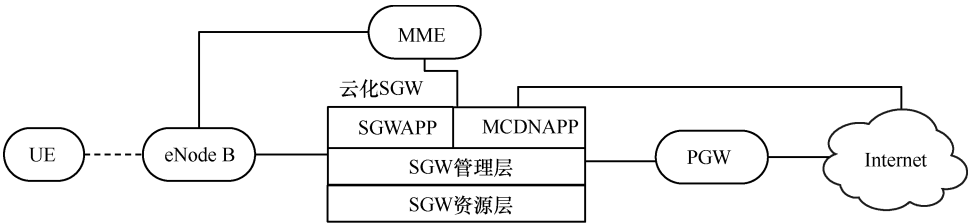


图 8 基于云化 EPC 资源的移动 CDN 架构



心网和用户。

5 结束语

针对 4G 网络环境下移动核心网面临的流量压力,基于现有 MCDN 和核心网云化研究基础,探讨了在云化的 EPC 资源上部署 CDN 节点的实现方法,云化的 EPC 管理节点具有资源弹性扩展与统一管理等优势,能够为 MCDN 提供基础设施资源。提出了一种基于 SGW 基础设施资源的 MCDN 实现方法,云化后的 SGW 资源具有灵活管控特点,能够为 MCDN 提供资源服务。MCDN 基础设施资源与软件系统分离,CDN 运营商在 EPC 提供的基础设施资源上进行软件系统部署与内容运营。

参考文献

- 1 Yousaf F Z, Liebsch M, Maeder A, *et al.* Mobile CDN enhancements for QoE-improved content delivery in mobile operator networks. IEEE Network, 2013, 27(2): 14~21
- 2 田光辉. 移动内容分发网络节点位置部署建模及部署方案研究. 北京邮电大学硕士学位论文, 2012
- 3 谢人超, 黄韬, 李韵杰. 移动网络优化与加速策略探讨. 通信技术, 2013(6)
- 4 薛森, 符刚, 朱斌等. 基于 SDN_NFV 的核心网演进关键技术研究. 邮电设计技术, 2014(3)
- 5 刘丽苹, 黄启虎, 曹彦飞. 核心网设备云化可行性分析. 移动通信, 2014(15)

- 6 程艳. 移动核心网云化和虚拟化. 通信世界, 2013(31)
- 7 姜怡华, 许慕鸿, 习建德等. 3GPP 系统架构演进(SAE)原理与设计(第2版). 北京:人民邮电出版社, 2013

[作者简介]



李素粉,女,博士,中国联合网络通信有限公司研究院工程师,主要研究方向为云计算相关技术。

董晖,女,中国联合网络通信集团有限公司客户事业部工程师,主要研究方向为行业应用相关技术及推广。

房秉毅,男,博士,中国联合网络通信有限公司研究院高级工程师,主要从事云计算、核心网新技术的研究。

张云勇,男,博士后,中国联合网络通信有限公司研究院副院长、高级工程师,主要研究方向为下一代开放网络、固定移动融合核心网、移动互联网及业务、云计算。

吴俊,男,博士,北京邮电大学经管学院副教授,IEEE/AIS/PMI 高级会员,主要研究方向为移动互联网应用、云计算商业价值评价等。

(收稿日期:2014-10-15)

(上接第 26 页)

[作者简介]



殷波,女,博士,中国联合网络通信有限公司研究院工程师,主要研究方向为软件定义网络、云计算、网络融合等。



房秉毅,男,博士,中国联合网络通信有限公司研究院高级工程师,主要研究方向为云计算、核心网、网络融合等。



张云勇,男,博士后,中国联合网络通信有限公司研究院副院长、高级工程师,主要研究方向为下一代开放网络、固定移动融合核心网、移动互联网及业务、云计算。



冯伟斌,男,中国联合网络通信有限公司研究院工程师,主要研究方向为云计算、互动媒体、行业信息化等。

(收稿日期:2014-10-16)