



4G 网络上提供直播和点播业务的关键技术探讨

施唯佳,吕冠中

(中国电信股份有限公司上海研究院 上海 200122)

摘要:随着 4G 网络的建设,电信运营商迫切需要填充具有高带宽和大流量特性的应用,因此视频流媒体服务成为首选。在 4G 网络上开展直播、点播等移动流媒体业务,将涉及网络组网架构改变、大流量点播并发、多播服务提供、媒体内容引入、移动终端能力支持等 4G 网络新面临的关键技术问题。在分析 4G 移动网络现状的基础上,提出了开展移动流媒体服务的关键资源需求和技术建议,同时进行了业务实施部署的可行性分析,从而为运营商在 4G 网络上建设和部署直播和点播等流媒体服务提供借鉴。

关键词: LTE; EMBMS; E-UTRAN; 演进分组核心网; eNode B; 内容分发网络; 分组数据网关; 用户终端

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2015098

Key Technology Discussion of Live and VOD Streaming Service Provided on the 4G Network

Shi Weijia, Lv Guanzhong

(Shanghai Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Shanghai 200122, China)

Abstract: With the development of 4G networks, telecom operators are urgent to find the service that can use the high speed broadband. Video streaming service became the first choice. But providing video streaming service on the 4G network, operators faced many technical problems like network architecture changing, large flow concurrency, multicast solution, content distribution, UE's ability and so on. And the key resource requirement and technology suggestion of providing video streaming service on 4G networks were studied and proposed, based on the analysis of current network status. At the same time, the feasibility analysis of the service deployment was also given, and then some references were provided to operators.

Key words: LTE, EMBMS, E-UTRAN, EPC, eNode B, CDN, PGW, user equipment

1 引言

随着 LTE 网络商用部署的快速推进,2014 年,国内各家电信运营商都开始推出 4G 移动业务,这是可以为用户带来带宽更高、时延更低、有 QoS 保障的移动通信服务。

LTE 技术理论上可以为移动用户提供 100 Mbit/s 以上的下行网络带宽,用户实际上平均可以使用的下行网络带宽在 30 Mbit/s 以上,和 3G 移动网络的数据传输速率完全不同日而语。在如此高速的带宽资源上,运营商希望挖掘出更多的流量和带宽红利,用户也希望获得更多更好的增值

收稿日期:2015-02-28;修回日期:2015-04-09

论文引用格式:施唯佳,吕冠中. 4G 网络上提供直播和点播业务的关键技术探讨. 电信科学,2015098

Shi W J, Lv G Z. Key technology discussion of live and VOD streaming service provided on the 4G network. Telecommunications Science, 2015098

业务。所以,在4G网络上推出高清视频服务,就成为了运营商的必然选择,也将是拉动4G业务发展破局的关键举措。另一方面,IPTV等固网视频产品由于受制于固定宽带网络的地域覆盖限制,在一些边远区域无法发展业务或者业务发展成本过高。4G移动视频的推出能够实现固移产品互补,利用4G移动视频业务实现业务全覆盖。本文着力于探讨在4G移动网络上提供直播和点播业务等高清视频服务的关键技术的实现。

2 4G网络的组网架构

LTE网络与以往蜂窝系统所采用的电路交换模式不同,它仅支持分组交换业务,旨在在用户终端(user equipment,UE)和分组数据网络间建立无缝的移动IP连接,如图1所示。

LTE网络架构主要分为:演进通用陆基无线接入网(evolved universal terrestrial radio access network,E-UTRAN)和演进分组核心网(evolved packet core,EPC)。

E-UTRAN仅由基站(eNode B)网络组成,对于普通的用户流(非广播),在E-UTRAN中没有中心控制节点,因此可以说E-UTRAN采用的是一种扁平架构。eNode B在逻辑上通过X2接口互相连接,底层采用IP传输,即形成mesh型网络,并通过S1接口连接到EPC,eNode B与EPC之间是多点对多点的互连。

EPC主要由移动性管理设备(MME)、服务网关(SGW)、分组数据网关(PGW)、存储用户签约信息的用户归属服务器(HSS)、策略与计费规则功能(PCRF)单元、增强服务移动定位中心(E-SMLC)等组成。

HSS:包含用户的系统架构演进(system architecture evolution,SAE)开户签约信息,如所归属演进分组系统(evolved packet system,EPS)的QoS配置信息和用户漫游的接入限制等。它还保留用户可连接的分组数据网

(packet data network,PDN)信息。

PCRF:负责策略控制的决策,也负责位于PGW中策略控制加强功能中基于流量收费的功能,PCRF提供QoS授权(QoS等级标识和比特率)。

PGW:PGW主要负责用户IP地址分配和QoS保证,并根据PCRF规则进行基于流量的计费。

SGW:负责用户IP数据分组的转发,当用户在eNode B之间移动时,SGW作为数据承载的本地移动性锚点。

MME:是处理UE和核心网络间信令交互的控制节点,负责承载接入相关的移动性管理、信令处理等功能。

E-SMLC:管理所有找到附着在E-UTRAN上UE位置所需资源的协调和调度。

EPC架构秉承了控制与承载分离的理念,将分组域中服务GPRS支持节点(serving GPRS support node,SGSN)的移动性管理、信令控制功能和媒体转发功能分离出来,分别由多个网元完成。LTE无线系统中取消了无线网络控制器(radio network controller,RNC)网元,将其功能分别移至基站eNode B和核心网网元,eNode B将直接通过S1接口与MME、SGW互通,简化了无线系统的结构。

E-UTRAN与EPC之间通过IP网络互联,由于基站众多,因此承载网络通常又分为接入层、汇聚层、核心层3层,如图2所示。

E-UTRAN的组网原则和传统IP网络基本一致,是接入层、汇聚层、核心层的3层结构,通过分布式管理和流量分配,实现eNode B的互通性和可管理性。

总体而言,LTE是一个基于全IP承载的以流量汇聚和集中管理为目标的移动数据网络,所有用户的数据访问都需要经过PGW,从而完成业务逻辑控制和流量管理。由于LTE网络从架构设计上以集中管理为目标,因此无法满足分布式服务的目标,未来面对基于LTE的大流量数据业务时,在PGW网元容易形成流量瓶颈,从而为规模推广移动

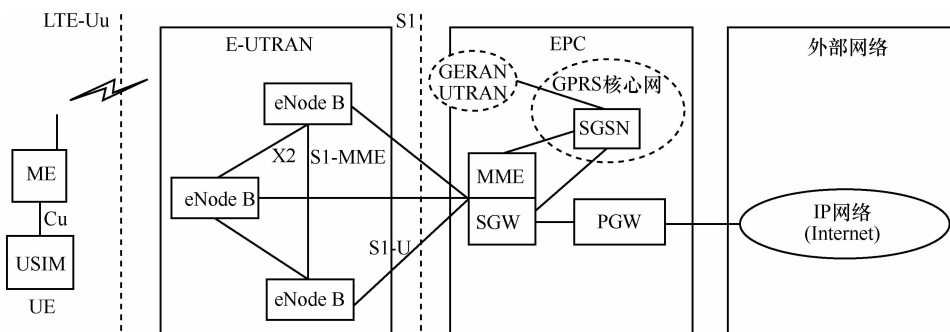


图1 LTE网络架构

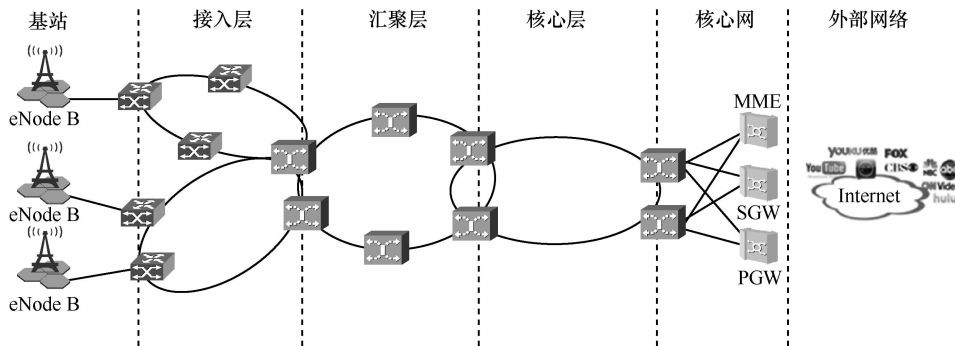


图2 4G 承载网络组网

流媒体视频服务时的视频质量保障带来了较大的困难。

3 4G 网络上点播业务的技术方案

(1)CDN 部署

大规模的视频点播业务一般需要内容分发网络(CDN)承载,以提高内容分发效率和优化流量分布。随着4G网络点播视频内容码率的提高和用户规模的增长,在4G网络内引入和部署CDN是必然的选择。但如第2节所述,LTE的网络架构决定了在4G网络中不能照搬互联网CDN的组网方式。

在CDN节点部署进4G网络之前,CDN各节点只部署在互联网,用户访问CDN节点都需要经过PGW,容易形成服务瓶颈,不能达到分布式服务的目标和本地化服务的效果。另一方面,4G网络内流量一般需要汇聚到PGW,完成统计、计费的功能,分布式的流量服务将会影响这些功能的实现。

如果只考虑单个PGW的情况,从靠近用户服务的角度,CDN节点直连PGW最符合就近服务原则。按目前的4G用户规模,一个网络运营商在一个省一般只部署一个PGW即满足需求。但其实省内的PGW是可以根据业务需求进行扩展的。当用户规模超过一个PGW的容量时,就可部署多个PGW,各基站重新规划所属出口PGW,从而把单个PGW所承载的用户控制在安全范围内。同理,即使用户规模没有超过单个PGW的容量,但用户数据流量由于视频流量的增长可能已经超过单个PGW的负载,也可以通过部署多个PGW分流流量。多PGW的部署必然将改变4G移动网络的组网架构,但也真正为分布式数据服务提供了可能性。一个CDN节点对应一个PGW并为该PGW归属的基站用户服务即可满足传统CDN的就近服务的原则。

如果CDN由网络运营商建设部署,由于掌握内部组网结构,又清楚用户划分规划,在实施上相对简单。网元设备的升级甚至可以将透明缓存功能集成到PGW上。CDN

的调度将依靠组网解决,无需另设调度服务器。

对于互联网公司自建的CDN,要与4G网络结合,必须与网络运营商合作,获取PGW信息,就近部署服务节点。否则,需要结合终端自行进行路径检测与统计,建立基站与各CDN节点的最优路径库,为后续调度服务提供依据。

另外,在移动网络环境下,终端的移动性也对原有CDN调度策略带来了新的问题。特别是在多PGW的环境下,终端移动到非所属地的基站时,是从新基站所属的PGW访问互联网还是从所属地的PGW访问互联网可以有不同的规划建设方案。依靠路径测量的方法判断最优路径在终端移动场景下可能会失效。

(2)内容引入

对于点播业务,CDN节点一般采用注入和回源两种方式获取内容,注入前还会根据业务需要将内容转码为各种所需码率存储在中心节点。4G网络的缓存节点和其他互联网缓存节点一样,通过推/拉(push/pull)方式获得服务所需的内容数据并缓存,为后续用户提供服务。

4 4G 网络上直播业务的技术方案

(1)eMBMS 技术及应用

多播一直是直播业务的最佳承载方案,无需部署CDN即可支持大规模的直播业务。但由于多播对网络设备和网元性能有较高的要求,网络运营商一般不在公众互联网上开启多播功能,只在专网环境下应用多播承载直播业务,如IPTV业务。

4G网络虽然承载公众业务,但与公众互联网相比无疑是一张封闭的专网,并且建设时网络设备对多播的支持已经相当完善,这就为在4G网络上利用多播承载直播业务提供了可能。

eMBMS(evolved multicast broadcast multimedia service,增强的多播广播多媒体业务)是在空口层面通过多播/广

播的方式为用户提供实时/非实时多媒体业务的一种关键技术。3G 阶段的 MBMS (multicast broadcast multimedia service, 多播广播多媒体业务) 由于需要专门的频谱资源, 加之用户对移动多媒体业务的诉求不高, 在很大程度上限制了该类业务的发展。LTE 阶段提供的 eMBMS 实现了与常规单播业务共享频谱资源, 并支持灵活的频谱资源分配和使用, 运营商可根据需求将不同比例的频谱资源分配给单播或者 eMBMS 业务, 降低了 eMBMS 业务对系统的要求。

eMBMS 系统架构如图 3 所示, 增加 BM-SC (广播多播业务中心), 支持 MBMS 业务的会话发起、承载建立等功能; EPC 网络增加 MBMSGW (可与 PGW 合设), 与 BM-SC 建立 SGmb/SGi-mb 接口用于 MBMS 的承载建立, 通过 M1 接口向 eNode B 下发用户面数据, 分配多播 IP 地址给下级的 eNode B。接入网增加了 MCE (可独立设置或者与 eNode B 合设), 以专门针对 MBMS 在 eRAN 的无线承载发起做相应配置调度。

由于空口采用多播/广播模式将相同的内容分发给多个用户, eMBMS 可大大节省宝贵的频谱资源, 降低 eMBMS 运营成本。部署 eMBMS 后, 通过使用 MB-SFN (单频网) 技术, 在小区边缘, 相邻基站的信号不会相互干扰。并且由于基站向用户发送完全同步的内容, 用户可通过组合各个基站的信号接收内容, 保证在小区边缘信噪比不会降低, 提升小区边缘的吞吐量及用户体验。

eMBMS 有比较灵活的商业模式: 除了传统的单播业务之外, 固定分配少量频谱资源给直播业务; 可根据区域性特点, 选择特定时段直播热门体育赛事, 非直播期间的频谱资源可释放; 还可利用凌晨空空闲时段向用户主动推送定制或者可能感兴趣的多媒体信息, 一方面简化了用户获取信息的操作, 另一面充分利用了频谱资源。

(2) 多播能力的规划

LTE eMBMS 多播会降低单播空口资源, 因此需要进行多播容量规划。TDD 自帧时序如图 4 所示。

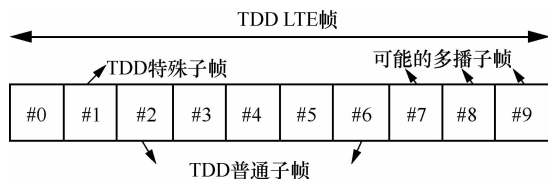


图 4 TDD 子帧时序

TDD 每个系统帧最大支持分配 5 个多播子帧 (3/4/7/8/9) 给 eMBMS 多播使用。

结合 LTE TDD 上下行子帧配比, 实际可用多播子帧如下。

- 配比 0 (上下行配比 3:1): #3、#4、#7、#8、#9 都是上行, 不可用于多播。现网无此配比方式。
- 配比 1 (上下行配比 2:2): 支持 #4 和 #9。
- 配比 2 (上下行配比 1:3): 支持 #3、#4、#8、#9。
- 配比 5 (上下行配比 1:8): 支持全部 #3、#4、#7、#8、#9。现网无此配比方式。

在 TDD 制式下, 在 20 Mbit/s 系统带宽, MCS 为 19 的情况下, 分析不同配比下多播对单播的容量影响, 见表 1。

配比 2 方式下, 采用 1 个子帧, 单播容量下降 16%; 采用 4 个子帧 (最大可用于多播的子帧数), 单播容量下降 66%, 但可提供约 10 Mbit/s 的多播带宽。目前 2 Mbit/s 带宽在 H.264 编码下, 可提供 1080P 高清视频, 10 Mbit/s 带宽可同时支持 5 个高清频道 (码率为 2 Mbit/s), 支持 14 个 720P 的标清频道 (码率为 700 kbit/s)。

若采用 FDD 制式, 在 20 Mbit/s 系统带宽, MCS 为 19 的情况下, 采用 1 个子帧, 单播容量下降 10%; 采用 6 个子帧 (最大可用于多播的子帧数), 单播容量下降 60%。单播下行带宽 18 Mbit/s 左右, 可提供约 15 Mbit/s 的多播带宽, 即可同时支持 7 个高清频道或超过 20 个标清频道。

(3) 单多播切换

由于多播频道资源有限, 需建立单播/多播切换机制合理利用资源。如果终端支持 eMBMS 技术, 可通过网络侧控制直播频道的单播/多播切换; 如果终端不支持 eMBMS, 则需要在应用层引入控制机制, 由业务平台根据各频道的

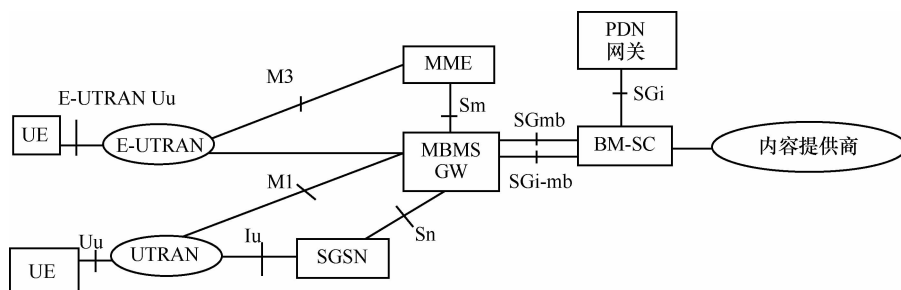


图 3 eMBMS 系统架构



表 1 不同子帧配比的多播容量

LTE 子帧配比	未开通多播时,单播平均 下行速率/(Mbit·s ⁻¹)	可用于多播业务的 子帧数/个	多播理论峰值 速率/(Mbit·s ⁻¹)	多播平均 速率/(Mbit·s ⁻¹)	开通多播后,单播 平均速率/(Mbit·s ⁻¹)
1	25	2	7	5	15
2	30	4	14	10	10

用户地理位置分布,动态创建/注销多播频道,并通知终端应用程序切换内容流服务地址。

(4)终端能力支持

支持 eMBMS 的终端一般具有如图 5 所示架构,具体介绍如下。

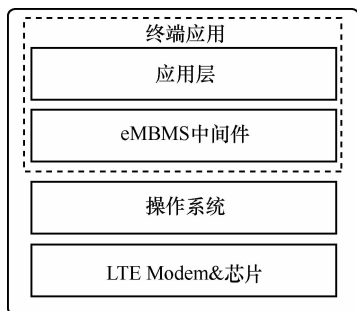


图 5 支持 eMBMS 的终端架构

- 应用层(含播放器、UI 等)的功能包括:支持节目菜单;用户鉴权;使用获取到的文件等;DASH(dynamic adaptive streaming over HTTP, 动态自适应流媒体)数据处理、播放控制等;支持 H.265 的软解码的能力。
- eMBMS 中间件的功能包括:支持单向文件传输(file delivery over unidirectional transport, FLUTE)功能;支持通过 HTTP/TCP 单播方式进行文件修复,恢复丢失的数据分组;支持前向纠错(forward error correction, FEC)功能;支持 DASH 功能;支持通过回执报告(reception report response)上报 QoE 的相关指标信息。
- 终端操作系统的功能包括:支持芯片的 eMBMS 接口适配;目前仅安卓系统支持,iOS 需要进行移植。
- LTE 调制解调器和支持 eMBMS 的芯片,主要功能包括:为中间件等提供接口,接收多播流;各层协同工作才能完成 eMBMS 多播/单播播放以及单播/多播切换等功能。

5 结束语

综上所述,对比固定宽带网络上提供视频服务,在 4G

移动网络上提供点播和直播业务,仍然具有一些关键的技术问题需要解决。特别对于 CDN 部署方案与 4G 移动网络的结合,将非常大地改变 4G 移动网络的组网架构,推进 4G 移动网络从集中式管理服务架构向分布式管理服务架构的演进,这也是下一代 5G 移动网络架构需要规范解决的核心问题之一。另一方面,随着 eMBMS 技术的快速发展和应用,在 4G 移动网络上提供直播服务的能力大大提升,通过多播方式提供直播服务能够节省移动网络带宽资源,从而使 4G 网络上直播业务的大规模商用成为可能,与此同时运营商也要提前做好多播资源的规划以及单多播切换的策略。总体而言,在 4G 移动网络上提供高清点播和直播视频业务已经是潮流和趋势,电信运营商在 4G 移动网络上将更能发挥出智能管道的优势,在不远的未来为用户提供更高质量的视频服务。

参考文献

- 1 Sesia S, Toufik I, Baker M. LTE/LTE-Advanced-UMTS 长期演进理论和实践. 马霓,夏斌译.北京:人民邮电出版社,2014
Sesia S, Toufik I, Baker M. LTE-The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice. Translated by Ma N, Xia B. Beijing: Post & Telecom Press, 2014
- 2 Ngoc-Duy N, Bonnet C. Service continuity for eMBMS in LTE/LTE-Advanced network: standard analysis and supplement. Proceedings of the 11th Consumer Communications and Networking Conference, Las Vegas, NV, 2014
- 3 Lecomte D, Gabin F. Evolved multimedia broadcast/multicast service (eMBMS) in LTE-Advanced: overview and Rel-11 enhancements. IEEE Communications Magazine, 2012, 50(11): 68-74
- 4 Damara B, Babu P C. Broadcast the user chosen content over LTE in a simplified approach using evolved multimedia broadcast multicast service (eMBMS) with optimized MCE scheduling algorithm. Proceedings of International Conference on Intelligent Computing Applications (ICICA), Barcelona, Spain, March 2014
- 5 Sachan R, Saxena N, Roy A. An efficient hybrid scheduling scheme for impatience user in eMBMS over LTE. Computer Communication and Informatics (ICCCI), Craiova, Romania, Jan 2013
(2015098-6 接排在 2015103-6 后)

频内容的制作,除了图像增强处理外,视频编码将是下一个突破点,H.265 编码的出现,使得相同图像质量的视频内容,可以降低一半的视频码率,但是付出的代价是视频编码的复杂度。通过在 H.265 视频编码中引入分布式并行计算技术,可以进一步提升编码速度,从而提升整个 4K 视频内容制作的生产效率。

参考文献

- 1 高传善. 分布式系统设计. 北京:机械工业出版社, 2001
Gao C S. The Design of Distributed Systems. Beijing: Machinery Industry Press, 2001
- 2 Dollimore J, Coulouris G. Distributed Systems: Concepts and Design, Fifth Edition. Beijing: Machinery Industry Press, 2012
- 3 李文军, 万海. 分布式计算. 北京:机械工业出版社, 2012
Li W J, Wan H. Distributed computing. Beijing: Machinery Industry Press, 2012
- 4 Pacheco P S. 并行程序设计导论. 北京:机械工业出版社, 2013
Pacheco P S. An Introduction to Parallel Programming. Beijing: Machinery Industry Press, 2013
- 5 夏卫民. 并行操作系统原理与技术. 北京:国防工业出版社, 2002
Xia W M. The Principle and Technique of Parallel Operating System. Beijing: National Defense Industry Press, 2002

- 6 杨欣. 图像超分辨率技术原理及应用. 北京:国防工业出版社, 2013
Yang X. Image Super Resolution Technology Principle and Application. Beijing: National Defense Industry Press, 2013
- 7 Hughes C, Hughes T. Parallel and Distributed Programming Using C++. Beijing: Chinese Power Press, 2004

[作者简介]



郑杰,男,百视通新媒体股份有限公司研究院常务副院长,主要从事 SMG 旗下的各项新媒体业务的探索与研发工作,重点参与数字电视、高清电视、手机电视、IPTV、互联网视频等业务板块。

包盛,男,现就职于百视通新媒体股份有限公司研究院,负责公司的知识产权运营管理工作,主要研究方向为 IPTV 领域的技术和产品研发。

杨莹,女,现就职于上海文化广播影视集团有限公司,曾先后参与 SMG 高清虚拟演播室视音频技术改造、电视新闻共享平台的视音频制播系统改造等大型广电行业的系统项目建设,在视音频技术的融合与创新应用方面富有经验。

2015103-6

(上接 2015098-5)

- 6 庞韶敏, 李亚波. 3G UMTS 与 4G LTE 核心网—CS, PS, EPC, IMS. 北京:电子工业出版社, 2011
Pang S M, Li Y B. 3G UMTS with 4G LTE core network-CS, PS, EPC, IMS. Beijing: Electronic Industry Press, 2011
- 7 Chen J Y, Mai Y T. Relay node mobility support in the LTE-Advanced networks. Proceedings of the 22nd Wireless and Optical Communication Conference, Chongqing, China, 2013
- 8 Holma H, Toskala A. UMTS 中的 LTE: 向 LTE-Advanced 演进. 郎为民译. 北京:机械工业出版社, 2012
Holma H, Toskala A. LTE for UMTS: Evolution to LTE-Advanced. Translated by Lang W M. Beijing: China Machine Press, 2012
- 9 Buyya R. 内容分发网络. 宋伟译. 北京:机械工业出版社, 2014
Buyya R. Content Delivery Network. Translated by Song W. Beijing: China Machine Press, 2014
- 10 Xu Y H, Chow C O, Tham M L, et al. An enhanced framework for providing multimedia broadcast/multicast service over heterogeneous networks. Journal of Zhejiang University Science, 2014(1):63~80
- 11 易飞. EPC 原理与实践. 北京:电子工业出版社, 2014

Yi F. Principle and Practice of EPC. Beijing: Electronic Industry Press, 2014

[作者简介]



施唯佳,男,中国电信股份有限公司上海研究院高级产品经理,主要研究方向为以三网融合为重点领域的 IPTV、OTT TV 等视讯业务系统、机顶盒终端等方面相关技术及产品。



吕冠中,男,中国电信股份有限公司上海研究院高级工程师,主要研究方向为 IPTV、OTT TV 的 CDN 流媒体服务和 EPC 业务交互技术。

2015098-6