



LTE eMBMS 无线技术研究与关键问题分析

周 峰, 刘 卉

(中国电信股份有限公司上海研究院 上海 200122)

摘 要: 对基于 LTE 中 eMBMS 的业务及网络构架进行介绍, 结合 LTE 的技术优势, 重点分析 eMBMS 的空口技术, 并对空口资源调度进行深入研究和探讨。

关键词: LTE; eMBMS; 空口资源调度

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2014.12.002

Analysis of Radio Resource Schedule in LTE eMBMS

Zhou Feng, Liu Hui

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

Abstract: The LTE service eMBMS was focused on, including the architecture and advantages. Furthermore, the wireless technologies and radio resource schedule were discussed and analyzed.

Key words: LTE, eMBMS, radio resource schedule

1 引言

随着 LTE 在全球范围内进行商用部署, LTE 的高带宽优势使得移动网络得到了迅猛发展。移动视频业务在整个移动网络流量中的占比越来越大, 其迅速发展的同时, 也带来了高清视频市场的繁荣, 终端市场和视频网站也都将高清视频作为主打亮点, 未来移动高清视频必将成为移动网络流量的巨大增长点。

eMBMS (evolved multicast broadcast multimedia service, 增强型多媒体广播多播业务) 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, 多媒体广播多播业务) 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 能够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, 降低了 eMBMS 对系统的要求, 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。随着移动视频业务的爆发增长, eMBMS 技术将成为移动视频业务最具优势的解决方案^[1]。

本文结合当前 eMBMS 国际标准, 分析 eMBMS 网络架构和技术优势。重点对 eMBMS 业务的空口资源调度方案和策略展开深入研究和讨论, 为未来 eMBMS 的商用化部署提供参考建议。

2 eMBMS

2.1 eMBMS 标准化进展

3GPP 对于 eMBMS 的标准化一直在推进中。在 LTE R9 中正式提出 eMBMS 的概念, 采用混频频谱部署的结构, 与单播共享的 TDM 子帧的形式, 给出了半静态的 MBSFN (multicast broadcast single frequency network, 多播广播单频网) 区域的部署方式, 允许不同 MBSFN 区域的重合, 并限定 eMBMS 仅用于下行信道。R10 中进一步对 eMBMS 进行完善, 主要提出了计数 (counting) 的功能, 能够统计某个



eMBMS 感兴趣者的数量,以供网络决定是否发送多播,且允许根据业务的优先级抢占资源。R11 定义了 eMBMS 的增强,支持业务连续,定义了多个频率层提供 MBMS 服务的连续性、移动场景下同一个 MBSFN 区域内服务的连续性以及提供给 UE 的服务连续性信息和反馈给网络的服务连续性信息;服务层也引入了一些增强特性,例如接收报告的聚合、定义节约 UE 电量的内容调度信息等。R12 则对计数的性能提出了增强,要求混合载波支持更长的 CP(cyclic prefix,循环前缀)等,为 eMBMS 业务提供突发警告等。

2.2 eMBMS 网络架构

如图 1 所示,国际组织从 3GPP R9 阶段就提出了 eMBMS 完整的逻辑架构。与原有 EPS 网络架构相比,eMBMS 的系统架构新引入了 3 个逻辑网元:接入网侧引入 MCE(multi-cell/multicast coordination entity,多播协调实体);核心网侧引入 MBMS GW (MBMS gateway,MBMS 网关)及 BM-SC(broadcast multicast service center,广播多播业务中心),并新增对 6 个接口 (M1、M2、M3、Sm、SGmb 及 SGi-mb) 的支持。这种架构在保证 eMBMS 业务性能的同时,改进逻辑架构、业务模式、传输方式和信道结构等方面^[2],

能够更好地适应未来通信系统架构。

MCE 作为逻辑实体,在进行多小区传输 (即使用 MBSFN 传输方式)时,用于对 MBSFN 区域内所有 eNB 的无线资源进行统一管理,包括分配时频资源和配置具体的无线参数 (如调制和编码 MCS 等),以保证多个小区间 MBMS 传输的同步。MBMS GW 的主要功能是发送/广播 eMBMS 数据分组给每一个承载 eMBMS 的 eNB 以及与 MME 完成 eMBMS 会话控制信令的交互。BM-SC 为 eMBMS 提供包括供应和传输的功能以及授权等服务。

2.3 eMBMS MCE 部署

MCE 作为逻辑实体,既可以是某些功能实体 (如 eNB) 的一部分,也可以是一个独立的实体。在实际网络部署中,可将其作为一个独立网元存在,负责 MBSFN 区域内所有 eNB 的无线资源管理,如图 2(a)所示,构成集中式部署策略;也可下沉集成至 eNB 中,分别进行 MBMS 会话的无线资源管理,如图 2(b)所示,构成分布式部署策略。

从 MBMS 会话的同步来看,集中式部署策略通过 M2 口已有信元进行保证同步,但对协议要求较高,要求 MME、eNB(MCE)均需要支持 R11 协议版本 M3 接口;分布式部署策略由于多会话到达 MCE 顺序不一致,所以需要

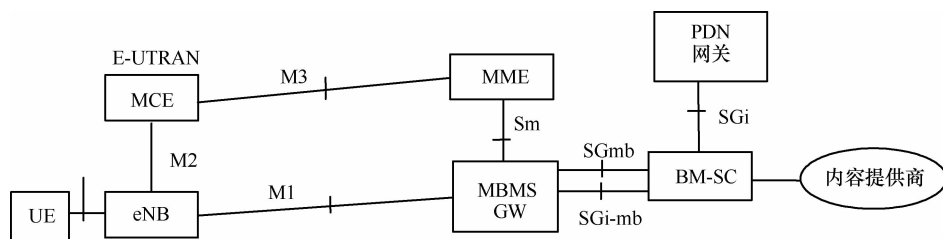


图 1 eMBMS 系统架构

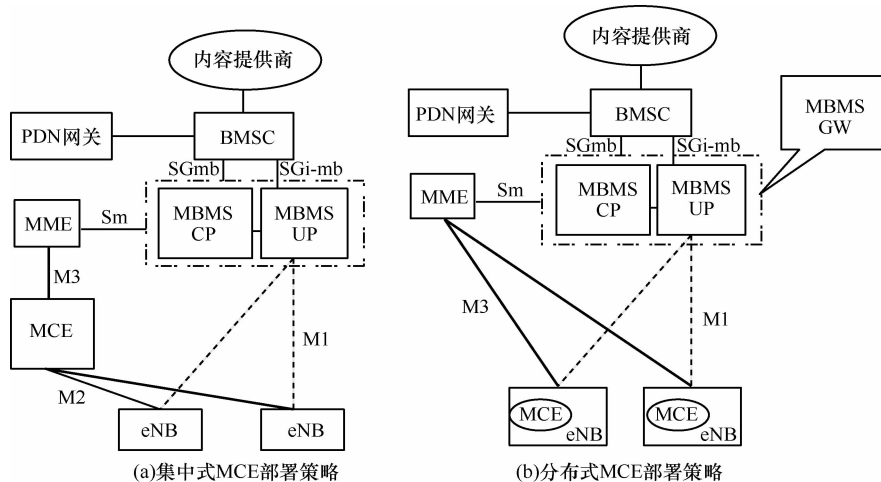


图 2 eMBMS MCE 部署策略

MCE 进行分布式同步,但对协议要求较低,MME 和 eNB 支持 R9 协议版本的 M2 和 M3 接口即可。

从 MBMS 会话的同步来看,集中式部署策略采用集中分配,可以采用动态分无线资源配置,相对灵活;分布式部署策略由于动态分配可能会导致冲突,因此可以通过静态配置保证各 MA 可用资源池不冲突,相对复杂。

从 MME 需求来看,集中式部署策略只需要 MME 支持少量 MCE,数量远远少于分布部署式下的 MCE;分布式部署策略 MME 需要管理大量 MCE,全网开通 eMBMS 时,MME 的 SCTP (stream control transmission protocol, 流控制传输协议)连接增加一倍(M3 接口),特别是对未来大量小基站上的 MME 会有更高要求。

从上面分析可知,分布式部署和集中式部署均能实现 MCE 功能,初期在现网部署 eMBMS 时,两种方案都能够应用,但随着网络扩大,分布式部署方案运维会更为复杂,建议采用集中式部署策略。

2.4 eMBMS 的业务流程

eMBMS 吸收了广播的流程简单和多播资源优化的特点,定义了一种介于广播和多播之间的增强广播承载类型。从业务流程上看,与多播类似,都需要进行 MBMS 订阅、加入和离开等过程,从 UE 到 BM-SC 也都需要针对特定的 MBMS 承载业务实现注册和注销。不同点在于,使用 eMBMS 增强广播承载时,从 UE 到 BM-SC 的注册/注销只需要在应用层上通过加入/离开过程就可实现,无须在承载网络层进行信令交互和信息存储。从下面会话流程可以看出会话开始、结束、更新均是由 BM-SC 发起,并且 IP 多播加入在 M3 接口发生(E-UTRAN 与 MME 之间控制面协议)。3GPP 协

议中 eMBMS 主要的建立和释放流程如图 3 所示。

2.5 eMBMS 技术优势

(1) 提高无线资源利用率

eMBMS 中,由于空口采用广播模式将相同的内容分发给多个用户,可大大节省宝贵的频谱资源,降低 eMBMS 运营成本。

原有 LTE 单播业务场景下的视频流业务,每一个用户都会占用单独的空口资源,同时,随着单小区下视频用户数量的增加,必然对空口资源负荷带来压力,过多的用户也会影响视频业务的体验。在 eMBMS 技术下,空口资源采用独立的一份视频流,理论上对于接入的用户数量没有限制,不会由于用户数量的增加,对视频业务体验产生影响。这一技术优势对于视频业务下的空口资源利用率带来了极大的提高。

(2) 提高小区边缘吞吐量

eMBMS 采用的是单频网组网结构,即在特定的 eMBMS 组网区域下,每个小区发送的数据是同步的。从空口数据发送来看,不同小区在同一时刻发送的数据流的时域资源和频域资源都相同,数据流的编码调制方式也相同。对于小区边缘用户来说,来自邻小区的信号可以等同于多径产生的信号,作为有用信号与本小区信号进行合并解调,极大地提升了小区边缘的信号质量,提高小区边缘吞吐量。相比单播业务,eMBMS 为小区边缘用户带来了更好的业务体验。

(3) 灵活的带宽资源分配

eMBMS 主要是下行广播发送视频业务数据,目前采用的通用方案都是单播/多播混合组网,即 eMBMS 和已有的单播业务在同一个网络下运营,通过时分资源实现。

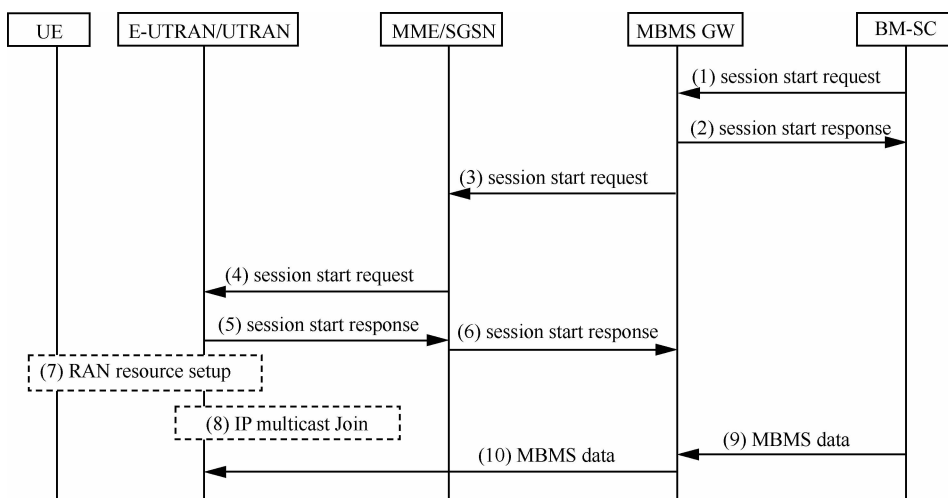


图3 会话开始流程



eMBMS 必然会占用原有的单播业务资源。考虑到 eMBMS 的应用场景,对于不同场景,可以通过动态调整 eMBMS 和单播占用空口资源的比例,以实现空口资源利用的最大化。

3 eMBMS 空口资源调度

为了更好地在 LTE 网络架构下为移动视频业务提供优质的用户体验,3GPP 标准组织提出了 eMBMS 解决方案。针对 eMBMS 技术方案,空口资源调度的方式相比之前单播业务也有了很大变化,本节主要讨论 eMBMS 空口技术和资源调度机制。

3.1 eMBMS 空口技术介绍

eMBMS 网络构架中,在 E-UTRAN 引入了 MCE 逻辑实体,主要完成 eMBMS 空口资源的调度和业务会话管理功能。同时,针对 eMBMS,专门对空口协议栈也进行了优化和改进,主要包括以下几个部分。

(1) 物理层

考虑到 eMBMS 与单播业务混合组网,在物理层的子帧结构上专门引入了 eMBMS 子帧,用于 eMBMS 数据流的传输。MBSFN 参考信号使用天线端口 4(antenna port 4)进行发送,并且该参考信号仅用于扩展 CP(extended CP,子载波间隔为 15 kHz)。它相比之前的单播子帧,采用了扩展 CP,从而一个子帧中只有 12 个符号。为了保证单播和多播业务之前没有干扰,在 eMBMS 子帧上,规定不能传输单播业务^[3]。

物理层同时引入了专门用于多播业务传输的 PMCH 信道。PMCH 专门用来承载 eMBMS 和相关信令,它和 PDSCH 是时分独立的。目前 PMCH 仅支持单天线发射,不支持发射分集,不支持 MIMO 模式。PMCH 可支持的调制方式包括 QPSK、16QAM、64QAM 等。

(2) 逻辑信道和传输信道

为了更好地实现 eMBMS 的调度,空口协议栈中增加了对应的逻辑信道和传输信道,如图 4 所示。

MBMS 引入了两种新的逻辑信道:MCCH(multicast

control channel) 和 MTCH(MBMS traffic channel)。MTCH 是 MBMS 点到多点的业务信道,用于在用户面进行下行业务数据的传输。一个 MBMS 业务仅承载于一条 MTCH 中,MTCH 映射到传输信道 MCH(multicast channel,多播信道)上(MCH 映射到 PMCH(physical multicast channel,物理多播信道))^[4]。MCCH 是 MBMS 点到多点下行控制信道,用于在网络和 UE 之间传送点到多点的下行控制信息。系统为每个支持 MBMS 的小区配置 MCCH。

MBMS 引入了一种新的传输信道——MCH。MCH 用于 MBMS 点到多点下行信道。MCCH 和 MTCH 可以映射到相同的 MCH。每个 MCH 的调度由 MCE 执行。当进行单小区业务传输(非 MBSFN 传输方式)时,使用下行共享信道进行传输。当进行多小区业务传输(MBSFN 传输方式)时,则需要使用 MCH 进行同步传输。多个 MBMS 服务的业务数据允许映射到相同的 MCH,但一个 MCH 只包含一个 MBSFN 区域的数据。一个 MBSFN 区域可以包含一个或多个 MCH,所有的 MCH 的覆盖区域相同^[5]。

(3) RRC 层

eNB 通过 RRC(radio resource control,无线资源控制)层消息将 eMBMS 相关配置和调度信息发送至 UE,主要消息流程如下^[6]。

广播消息:SIB2,配置 eMBMS 所有可用的时域资源;SIB13,配置 MBSFN 区域相关 MCCH 控制信息;SIB15,配置本小区/邻区 SAI 信息。

MCCH 消息:MbsfnAreaConfiguration,整个 MBSFN 区域内小区的配置信息,包括 MCCH 调度周期、PMCH 的时/频域资源调度等;MbsmCountingRequest,eMBMS 计数功能,统计当前小区处于 RRC-connected 的用户个数,用于资源动态管理。

DCCH 消息:MBMSCountingResponse,eMBMS 计数过程反馈,由 UE 上报,用于反馈 UE 状态信息;MBMSInterestIndication,UE 上报自己感兴趣的 eMBMS 频点,用于移动性管理时优先级的选择。

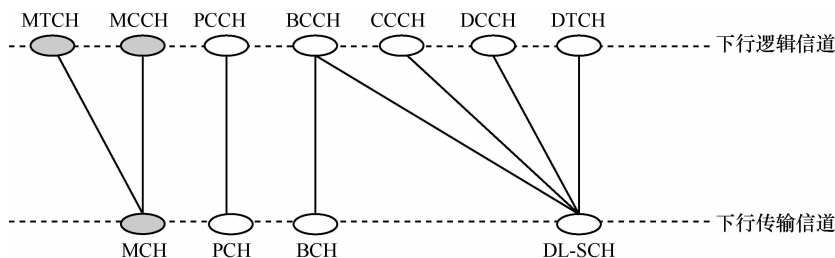


图 4 逻辑信道和传输信道

3.2 eMBMS 资源调度机制

LTE 中,eMBMS 业务调度的频域占整个带宽,时域以子帧为单位,并且时域上子帧的配置是半静态的。MCE 通过 M2 接口告知 eNB 相应 MBSFN 区域的时域资源配置。

具体的调度流程如下。

(1)MCE 通过业务平台告知的业务相关 QoS 信息,决定当前 eMBMS 业务的时频域资源,通过 M2 口通知 eNB。

(2)eNB 通过 SIB 消息通知 UE,包括当前 MBSFN 区域内可用的 eMBMS 子帧、MCCH 调制编码方式、调度周期等。

(3)eNB 通过 MCCH 消息告知 UE,MCCH 指示的 PMCH 调度信息,包括 PMCH 调制编码方式、业务会话信息、调度周期等。

(4)eNB 通过 MAC 层控制单元通知 UE,在一个 MCCH 调度周期内对应的 MTCH 时域调度信息。

经过上述 4 个步骤的调度流程,UE 根据具体的时频域资源调度信息,获取 eMBMS 业务数据流,开始 eMBMS 业务体验。

eMBMS 过程中,可以根据业务 QoS 信息的改变,动态修改 MCCH 调度信息。在 LTE 中 MCCH 采用周期性重复发送的机制,具体的发送周期以及子帧位置在 SIB13 中进行配置。

MCCH 配置有修改周期,在一个修改周期内 MCCH 的内容不能改变,只有在下一个 MCCH 修改周期时机到来时 MCCH 的内容才能更新。网络侧通过发送通知(notification)信息通知 UE 修改 MCCH 信息。同时在一个修改周期内可以重复发送多次 MCCH 信息,这是为了保证随时接入的用户能及时收到 MCCH 内容,并且提高 UE 接收 MCCH 的准确率。协议中具体规定如图 5 所示。

3.3 eMBMS 对单播空口资源的影响

3GPP 协议规范中规定了 eMBMS 调度方式。和单播业务相比,eMBMS 在原有子帧结构基础上,通过时分的方式,占用部分单播子帧,用于发送 eMBMS。因此,在 eMBMS 和单播业务混合组网下,必然会对单播原有空口资源产生影响。

从时域资源调度来看,在 FDD 和 TDD 不同制式的

LTE 组网环境下,调度的 eMBMS 子帧有所区别。协议规定,在 FDD 组网环境下,eMBMS 可用的子帧包括:#1、#2、#3、#6、#7、#8;在 TDD 组网环境下,eMBMS 可用的子帧包括:#3、#4、#7、#8、#9。具体时域子帧的占用情况是根据 eMBMS 所需要的 QoS 所决定的。可以看出,如果 eMBMS 选择一个子帧用来发送业务,则对原有单播的影响大概为 10%。所以,在选取 eMBMS 可用子帧时,一定需要统筹规划,保证 eMBMS 和原有单播业务协调发展。

从频域资源调度来看,由于多播业务和单播业务在时域上分开,两种业务之间理论上不会产生干扰。3GPP 协议规定,eMBMS 的频域为满带宽调度,即如果当前子帧为 eMBMS 子帧,那么该子帧内所有可用的频域资源都将被调用。与之前的单播不同,因为广播业务只有下行数据的发送,且对于所有 UE 的都是相同内容且没有反馈信息,所以在下行频域上没有频域选择性调度。这种调度方式增加了空口频域资源的利用率,但在频域选择性衰落的场景下,会影响数据流的传输。

综上所述,eMBMS 对单播空口资源的影响主要还是时域上 eMBMS 子帧的占用情况,它将直接影响到原有单播小区的容量。在网络规划和 eMBMS 运营时,需要全面考虑 eMBMS 子帧个数的选取。

3.4 eMBMS 容量和覆盖

3GPP 规定了 eMBMS 技术可用的资源调度参数,eMBMS 开启的子帧个数越多,eMBMS 的容量就越大。在 FDD 组网环境中,如果采用协议最大可用子帧个数,即每一个系统帧内 6 个子帧用于 eMBMS,此时达到 eMBMS 最大业务容量。目前协议规定,eMBMS 还没有采用 MIMO 技术,相比单播而言,小区吞吐量会受到一定影响。但是,eMBMS 可以同时支持大量用户,从这个角度分析,空口的资源利用率还是有了很大的提高。所以 eMBMS 的容量主要取决于 eMBMS 子帧调度个数,在商用部署过程中,需要综合考虑部署区域的单播/多播资源占比,建议支持可修改,结合业务区域的网络忙/闲状态,合理分配空口资源。

eMBMS 在小区边缘的业务速率要高于相同条件下单

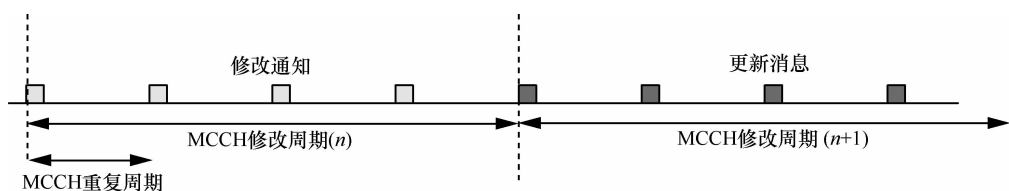


图 5 MCCH 修改周期



播的业务速率,因为用户将邻区信号作为有用信号进行合并接收。eMBMS 技术中,控制信道 MCCH 和业务信道 MTCH 所采用的调制编码方式是不同的,3GPP 规定 MCCH 可用的调制方式为可选的几个值,MTCH 和单播业务相同,MCS 取值范围为 0~27。由于 eMBMS 是全小区发送内容同步的,所以 UE 无论在小区中心还是小区边缘收到的数据业务都是相同的,数据流采用的调制编码方式也都相同。如果 MCS 选择过大,提高了小区业务吞吐量,但同时降低了小区的覆盖范围。相比单播业务,这种资源传输方式导致在 MCS 选择时需要综合考虑全部 eMBMS 区域下小区无线环境,同时根据 eMBMS 的 QoS 要求,采用合适 MCS 值,保证用户体验的同时,提高空口频谱效率。

从上面分析可知,eMBMS 在空口上的资源调度主要取决于两个关键参数:可用子帧数和 MCS。同时,这两个参数也影响了整个 eMBMS 区域下的小区容量和覆盖性能。在实际商用过程中,需要根据实际组网环境和业务需求,合适地配置参数,优化空口资源调度。

4 结束语

LTE 由于其独有的技术优势,技术上和商业应用上都得到了迅猛的发展,受到了国内外电信运营商的青睐,eMBMS 作为有效解决有限空口资源下大流量业务的全新解决方案,也得到了重视,同时 eMBMS 也对速率、时延、稳定性和创新性等提出了更高的要求。运营商需要充分利用 eMBMS 技术优势,进一步发掘 eMBMS 运

营模式,开发更加满足用户体验和引领市场的重点业务,才能让 LTE 在移动互联网时代发挥出更大的价值。

参考文献

- 1 沈嘉,索士强,全海洋等. 3GPP 长期演进 (LTE) 技术原理与系统设计. 北京:人民邮电出版社,2009
- 2 3GPP TS36.300. E-UTRAN Overall Description V12.0.0, 2013
- 3 3GPP TS36.211. PHY Protocol Specification V12.0.0, 2013
- 4 3GPP TS36.321. MAC Protocol Specification V12.0.0, 2013
- 5 3GPP TS36.322. RLC Protocol Specification V12.0.0, 2013
- 6 3GPP TS36.331. RRC Protocol Specification V12.0.0, 2013

[作者简介]



周峰,男,中国电信股份有限公司上海研究院高级工程师、移动技术专业室主任,长期从事无线及移动网络领域的技术研究工作。



刘卉,女,中国电信股份有限公司上海研究院工程师,长期从事 LTE 及下一代网络领域的技术研究工作。

(收稿日期:2014-11-03)

(上接第 8 页)

- 5 3GPP TS 33.246. 3G Security; Security of MBMS, 2010
- 6 3GPP TS 26.346. MBMS; Protocols and Codecs, 2008
- 7 YD/T 1785-2008. 移动多媒体广播业务:业务层总体技术要求, 2008
- 8 Qualcomm. World's First Commercial LTE Broadcast Enabled Chipset, 2014
- 9 Samsung. eMBMS-with-Samsung, 2014

[作者简介]



吴琳,女,中国电信股份有限公司上海研究院高级研发工程师,主要研究方向为核心网、增值业务研究和开发等。



陈键,男,中国电信股份有限公司上海研究院高级支撑工程师,主要研究方向为核心网、平台业务研究和研发等。

(收稿日期:2014-07-05)