

 LTE丛书

LTE学习大使孙宇彤力荐



EPC原理与实践

— 易 飞 刘晓丰 史相斌 何 宇 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

LTE 丛书

EPC 原理与实践

易 飞 刘晓丰 史相斌 何 宇 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以理论联系实际为主要指导方针,系统而全面地介绍了 EPC 网络的系统架构、实现原理,以及现网中 EPC 网络各网元实现原理及组网的实际应用。

本书结合中国国内目前的 EPC 网络实际建设情况,通过大量的案例演示来介绍 EPC 网络原理,为初学者及对 EPC 网络技术感兴趣的读者提供了理论联系实际的桥梁,便于读者深入浅出地理解 EPC 网络整体实现方案及信令过程,同时也使读者能够更好地了解 EPC 组网结构并掌握部分运营维护相关技能。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

EPC 原理与实践 / 易飞等编著. —北京: 电子工业出版社, 2014.11

(LTE 丛书)

ISBN 978-7-121-24622-7

I. ①E… II. ①易… III. ①码分多址移动通信—通信技术 IV. ①TN929.533

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 245680 号

策划编辑: 宋 梅

责任编辑: 张 京

印 刷: 北京中新伟业印刷有限公司

装 订: 北京中新伟业印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×980 1/16 印张: 16.25 字数: 364 千字

版 次: 2014 年 11 月第 1 版

印 次: 2014 年 11 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 58.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

序

当下的中国已经进入了 4G 时代，而 LTE 技术则无可置疑地成为 4G 技术的代表，将是未来十年移动通信技术的主宰。

在 LTE 技术的洪流中，通信技术专业人士不仅需要了解和掌握无线技术及应用，也需要了解和掌握核心网的技术及应用。EPC，作为 4G 系统的核心网技术，不仅是 4G 系统关键的一部分，未来还可能成为 2G、3G 等系统的公共核心网，其地位非常重要。

有鉴于此，本书的编写团队编写了这本关于 EPC 技术原理与实践的书籍。

说起来，我与本书的主要作者易飞算是同道中人，我们通过网络结识，虽然至今未曾谋面，却发掘出了很多共同点，如都喜欢钻研技术，曾经共事于同一家公司，都做技术培训，都乐于技术分享。

为了方便技术分享，我们各自建立了一个移动通信技术论坛，并且结成学习大联盟，专门讨论移动通信技术的原理及应用。在论坛中，我们会解答网友提出的各种技术问题，帮助他们理解和掌握移动通信技术。我们的技术方向正好互补，空中接口学园论坛专注无线技术，GPRS 家园专注核心网技术，可谓相得益彰。

当然，我和易飞还有一个共同点，就是编写技术书籍。因此，当我参与到电子工业出版社的 LTE 丛书编写工作后，就推荐了易飞来编写 EPC 方面的技术书籍。

易飞组织了一个精干的编写团队，总结和分享了作者在 EPC 领域的相关技术和经验。这些技术和经验来自作者的亲身实践，对读者来说更加具体、更加适用。

随着 4G 网络部署的全面铺开，4G 技术人员的工作负荷倍增。本书的编写团队都是工作在 EPC 领域第一线的技术精英，编写工作对大家来说的确是精力上的巨大挑战。但是，更大的挑战其实还是如何让读者更容易理解和掌握 EPC 技术。

好在编写团队尽心尽力，克服了种种困难，不断修改，精益求精，最终完成了这本《EPC 原理与实践》。因此，我非常高兴看到本书的面市，最后，也祝愿广大读者都能通过此书了解和掌握 EPC 技术。

LTE 学习大使 孙宇彤

前 言

近年来,移动互联网得到了蓬勃发展,这要归功于包括微信、微博等 APP 应用的火爆,苹果终端等各种革命性智能产品的出现,IOS、安卓操作系统应用的丰富与完善等方面。截至 2013 年年底,移动网民规模已经突破 5 亿,移动互联网流量也成倍增加,中国移动互联网的市场规模也于 2013 年年底突破千亿大关。如此庞大的市场规模及流量使得传统的 2/3G 网络已经无法承载,这也促使移动通信网络产生了大的变革,并且这种革命仍在继续并将一直持续下去。

3GPP 显然看到了这种变化,并于 2008 年发布了下一代网络 LTE 的相关技术规范,也就是俗称的 4G 网络技术规范,为移动通信网络的演进提供了技术依据。我国工业和信息化部也顺应市场潮流,于 2013 年年底正式发放 LTE 商用牌照。因此,2014 年成为实质上的中国 LTE 网络大规模建设元年。

随着 LTE 网络大规模建设的推进,与之相配套的 EPC (Evolved Packet Core) 核心网络建设也在同步进行。但相比传统的 GPRS 核心网,EPC 的网络架构已经发生了较大的变化,如控制平面与用户平面的分离、全 IP 的网络可以更好地和基于 IP 的网络技术进行融合等。除此以外,传统的电路域已经停止演进,LTE 网络中的语音及相关增值业务将由 IMS 网络来提供。网络架构的变化对从业人员的需求及要求也发生了变化,截至目前,已经有相当数量的通信行业从业人员开始转型从事 EPC 或 IMS 等相关的技术工作,对 EPC 网络的学习需求也与日俱增。

基于这样的背景,本书的作者希望出版一本全面而详尽介绍 EPC 网络技术原理的书籍,偏重实践并结合技术原理介绍,使读者通过本书,不仅能够全面了解 EPC 网络的典型原理、常见的组网结构等技术原理,还能结合 EPC 网络的常见运营维护工作,了解 EPC 网络国内现网的基本实现、EPC 网络网元的基本配置、EPC 网络的基本故障排查等方面的内容,从而对 EPC 网络相关的日常工作内容有更深入的理解。

从内容上来看,全书分成两部分。第一部分为原理篇,偏重介绍 EPC 网络的基本原理,为读者深入了解 EPC 网络打下基础。第二部分为实践篇,偏重介绍 EPC 网元的典型结构、结合业务的基本配置及故障排查等,帮助读者加强对实际 EPC 网络的理解。主要章节说明如下:

第 1 章主要介绍 EPC 网络的特点及 EPC 网络技术产生的背景,并结合 3GPP 规范,对 EPC 网络的优势技术及主要变化做了总结。并且在最后对包含 LTE 和 EPC 网络的端到端 EPS 网络架构及主要接口及网元做了具体介绍,为读者了解 EPC 网络打下了坚实的基础。

第 2 章主要介绍 EPC 网络中能够提供的主要业务类型,包括数据上网业务、语音业务及短消息业务等,使读者对 EPC 网络具体能为用户或运营商带来什么有更清晰的了解。

第 3 章主要介绍 EPC 网络中的网元及功能、接口及典型的协议栈。

第4章主要介绍EPC网络中的重要概念及术语,并详细阐述了诸如EPS承载、MME池组、节点选择功能和QoS实现等重要特性。

第5章主要介绍EPC网络中的主要协议,并按协议特点及在实际网络中出现的场景进行了介绍。

第6章主要介绍EPC网络中的典型信令流程,并配有场景植入分析及实际报文的展示,使读者能够对EPC网络的整体端到端信令控制过程有深入的了解。

第7章介绍EPC网络中最主要的两个网元MME和SAE-GW的通用典型架构及典型的报文在设备内部的转发过程,使读者能够对实际网络中的网元有较全面的了解。

第8章通过举例的形式介绍了EPC网络的基本规划、EPC网元的逻辑及物理连接和EPC网元各业务接口的基本配置和参数,使读者能够将EPC原理中的知识点和实际网络结合,达到理论联系实际的效果。

第9章介绍EPC网络的常见故障排查过程,并对常见故障原因进行了分析。除此以外,该章还通过一些典型的EPC网络故障案例来帮助学员更深入地了解实际网络中的EPC网络维护工作,增强实战经验。

本书的作者均拥有分组域核心网专业8年以上的从业经验,担任过网维、工程、研发测试等多个部门的工程师并参与过国内外多个大型EPC网络的工程建设维护及研发测试工作,具有丰富的现网经验。他们在本书中加入了自己对EPC网络技术的深入理解,结合其自身的丰富经验来进行介绍。对于需要全面了解EPC网络的相关人员来说,本书提供了众多翔实的实例及参考信息,通过这些实例来对理论进行验证,使读者能从枯燥的理论中解放出来。本书适合于从事通信行业的相关技术人员阅读,也适合对EPC网络感兴趣的通信技术爱好者阅读。

本书的出版需要感谢空中接口学园(www.pch.com.cn)、51学通信网站(www.51xuetongxin.com)及GPRS家园网站(www.gprshome.com)的论坛网友对相关技术知识的无私交流与分享。并需要特别感谢爱立信学院何凌、叶轲、李娟、肖娟、张锴、李秦梓、马云峰等专家老师、LTE学习大使孙宇彤老师、中国移动集团网络部何宇等各位专家对本书的支持和帮助,感谢我的家人对我投身通信行业的理解和支持。最后,还要感谢电子工业出版社的大力支持和高效工作,使本书能尽早与读者见面。

本书是基于作者的主观理解及有限的学识编写和整理的,观点难免有欠周全,敬请读者批评指正。读者朋友可通过本书编辑的电子邮件(mariams@phei.com.cn)与我们联系。

易飞

2014年8月22日于广州

目 录

原 理 篇

第 1 章 EPC 网络概述	3
本章导读	4
1.1 EPC 网络的由来	4
1.1.1 什么是 EPC	4
1.1.2 EPC: 从何而来	5
1.1.3 EPC: 强在哪里	8
1.2 EPC 网络架构	12
1.2.1 迈向 LTE	12
1.2.2 基本 EPC 网络架构	13
1.2.3 引入 PCC 的 EPC 网络架构	14
1.2.4 LTE/EPC 与 GERAN 和 UTRAN 的互操作架构	16
1.2.5 LTE/EPC 与 CDMA 网络互操作架构	19
1.2.6 LTE/EPC 与 WLAN 网络互操作架构	20
第 2 章 EPS 网络提供的业务	22
本章导读	23
2.1 数据上网业务	23
2.2 语音业务	23
2.2.1 双模双待	24
2.2.2 CSFB	24
2.2.3 VoLTE	31
2.2.4 SRVCC	37
2.3 短消息业务	41
2.3.1 SMS Over IP	41
2.3.2 SMS Over SGs	42
第 3 章 EPS 网络中的网元与接口	49
本章导读	50
3.1 EPS 网络中的网元	50

3.1.1	eNodeB	50
3.1.2	MME	51
3.1.3	SGW	51
3.1.4	PGW	51
3.1.5	HSS	52
3.1.6	PCRF	52
3.2	主要业务接口	52
3.2.1	S1-MME 接口	52
3.2.2	基于 GTP 的接口	53
3.2.3	S6a 接口	57
3.2.4	PCC 相关的主要接口	58
第 4 章	EPC 网络的重要概念和特性	61
	本章导读	62
4.1	用户标识 GUTI	62
4.2	跟踪区	63
4.3	PDN 连接与 EPS 承载	65
4.4	QoS 与 PCC	68
4.4.1	EPS 承载 QoS 相关参数	69
4.4.2	用户平面业务流的处理	75
4.4.3	PCC 的 QoS 管控	76
4.4.4	IP 网络中的 QoS 实现	78
4.5	MME 池组	83
4.5.1	基本介绍	83
4.5.2	初始的负荷分担	85
4.5.3	负荷重分配	86
4.6	节点选择功能	86
4.6.1	EPC 网络中的 DNS	86
4.6.2	MME 的选择	91
4.6.3	SGW 的选择	94
4.6.4	PGW 的选择	95
4.6.5	SGW+PGW 的组合选择	97
第 5 章	EPC 网络协议	100
	本章导读	101

5.1	GTP	101
5.1.1	用户平面的 GTPv1 协议	102
5.1.2	GTPv2 协议	104
5.2	Diameter	107
5.2.1	消息结构	107
5.2.2	Diameter 消息格式	108
5.2.3	Diameter 节点	110
5.2.4	Diameter 消息的路由	112
5.2.5	S6a 接口的 Diameter	114
5.3	NAS	117
5.3.1	EMM 流程	117
5.3.2	ESM 流程	118
5.3.3	UE 状态管理	120
5.3.4	UE 状态实例	123
5.4	SCTP	124
5.5	S1AP	126
5.5.1	E-RAB 的管理	127
5.5.2	UE 上下文的管理	129
5.5.3	S1 接口的建立	132
5.5.4	小结	133
第 6 章	EPC 网络的典型信令流程	134
	本章导读	135
6.1	初始附着流程	135
6.1.1	LTE 终端的 EPS 附着及默认承载建立过程	135
6.1.2	跨 MME 的 EPS 附着及默认承载建立过程	149
6.2	专有承载建立流程	152
6.3	专有承载去激活流程	159
6.4	S1 连接释放流程	165
6.5	业务请求及寻呼流程	169
6.6	跨 MME 的跟踪区更新流程	175
6.7	去附着流程	184
6.8	LTE 网络内部切换流程	188
6.8.1	X2 接口切换	188
6.8.2	S1 接口切换流程	192

实 践 篇

第 7 章 EPC 产品的典型架构	201
本章导读	202
7.1 MME 产品的典型架构	202
7.1.1 MME 板卡的构成及功能	203
7.1.2 MME 内部的包转发流程	204
7.2 SAE-GW 产品的典型架构	206
7.2.1 SAE-GW 板卡的构成及功能	206
7.2.2 SAE-GW 内部的包转发流程	207
第 8 章 EPC 网络工程实践	209
本章导读	210
8.1 EPC 网络工程基本信息	210
8.1.1 MME 物理连接图	210
8.1.2 MME 逻辑拓扑图	212
8.2 IP 地址需求及分配	213
8.3 IP 地址规范实例	214
8.3.1 物理端口 IP 地址分配	214
8.3.2 业务地址分配	214
8.4 思科 MME 配置实例	215
8.4.1 配置顺序	215
8.4.2 配置所需数据	217
8.4.2 底层连通性相关的配置	220
8.4.3 业务相关配置	220
第 9 章 EPC 网络的常见故障及案例	223
本章导读	224
9.1 EPC 网络故障排查流程	224
9.1.1 S1 接口故障排查流程	225
9.1.2 S6a 接口故障排查流程	225
9.1.3 S5/S10/S11 接口故障排查流程	225
9.1.4 E-UTRAN 附着故障排查流程	226
9.1.5 EPS 承载相关故障排查流程	226
9.1.6 用户数据面故障排查流程	227

9.2 EPC 网络常见故障原因代码分析.....	228
9.2.1 移动性管理原因代码分析.....	228
9.2.2 会话管理原因代码分析.....	231
9.2.3 常见故障原因代码分析.....	233
9.3 EPC 网络故障分析案例分享.....	234
9.3.1 UE 开机后无法附着 LTE 网络.....	234
9.3.2 UE 开机后可以附着 LTE 网络但是不能浏览网页	236
9.3.3 MME 之间跟踪区更新 (Tracking Area Update) 不成功.....	236
9.3.4 用户成功附着并建立 PDN 连接及默认承载, 但有时无法使用任何数据业务	239
9.3.5 用户成功附着到 LTE 网络后, 每半小时会去附着一次.....	240
缩略语.....	242
参考文献	247

原理篇

第 1 章 EPC 网络概述



本章要点

- ✈ EPC 网络的由来
- ✈ EPC 网络架构



本章导读

本章是全书的背景介绍,首先介绍了什么是 EPC, EPC 网络技术产生的背景及特点;结合 3GPP 规范,介绍了 EPC 网络技术的演进路线。随后对 EPC 网络的优势技术及主要变化做了总结。并且在最后对包含 LTE 和 EPC 网络的端到端 EPS 网络架构及主要接口及网元做了具体介绍,为读者了解 EPC 网络打下坚实基础。

1.1 EPC 网络的由来

1.1.1 什么是 EPC

如今,移动互联网已经深深渗入每个人的生活中,这得益于移动互联网整个产业链的成熟和发展。整个产业链主要包括终端、网络、应用等方面。为用户所熟知的是终端和应用,特别是苹果 iPhone 手机及 APPStore 的出现,彻底改变了用户对终端的认知并且极大增强了用户的黏性。而在国内,以 BAT(百度、阿里巴巴、腾讯)为首的互联网企业也是遍地开花,以微信为例,不到 6 个月的时间里,用户数突破 2 亿。

当然,移动互联网的发展离不开网络的支持。3GPP(Third Generation Partnership Project: 第 3 代合作伙伴计划)同样认识到有必要对现有的无线接入网络及核心网络进行不断演进和增强,才能满足运营商及用户日益增长的需求,同时可以使得自己在与其他标准化组织竞争中始终保持技术领先地位。为此,3GPP 组织在 2004 年年底启动了针对无线接入网络的长期演进计划,即现在为业内人士熟知的 LTE(Long Term Evolution)。同时,为了配合无线接入网的演进,3GPP 组织也着手制定核心网系统架构方面的演进工作,并将核心网的演进项目命名为系统架构演进(SAE: System Architecture Evolution)项目。可以这么说,随着 LTE 和 SAE 两个项目的目标基本实现,3GPP 组织向 4G 网络演进的目标也基本实现。

LTE 和 SAE 这两个项目的具体目标是什么呢?先说项目成果。LTE 项目定义了演进的无线接入网络的所有技术标准,即人们口头常说的 4G 无线网络标准。为和 3GPP 现有的 2G 时代无线接入网络 GERAN(GSM EDGE Radio Access Network: GSM EDGE 无线接入网络)、3G 时代无线接入网络 UTRAN(Universal Terrestrial Radio Access Network: 全球陆地无线接入网)区别,4G 时代由 LTE 项目定义的无线接入网称之为 E-UTRAN(Evolved UTRAN: 演进的 UTRAN)。同时,为方便读者阅读并能清晰理解,

以下将把 3GPP 定义的 GERAN 和 UTRAN 网络简称为 2/3G 网络。该名称在本书中代表采用 3GPP 规范定义的 GERAN 和 UTRAN 无线接入网络，即包括以 GSM、WCDMA、TD-SCDMA 技术搭建的无线接入网络。

而 SAE 项目则制定了和 E-UTRAN 匹配、基于全 IP 技术构建的演进的分组域核心网（EPC：Evolved Packet Core）相关规范。为了表示这样一个端到端的移动通信网络，通常将 EPC 和 E-UTRAN 合称为 EPS（Evolved Packet System：演进的分组交换系统）。这里需要注意的是，LTE 和 SAE 一样，是 3GPP 项目的名称。而 EPC 和 E-UTRAN 一样，是网络的名称，同时也是 LTE 和 SAE 这两个项目的输出成果。在现实交流学习中，常把 LTE 和 E-UTRAN 这两个术语认为是等价的。同样，也将 SAE 和 EPC 这两个术语认为是等价的。为了便于理解，本书以下将使用 LTE/EPC 来分别代表 3GPP 4G 时代的无线接入网和核心网。图 1-1 描述了 LTE 与 SAE 网络演进的基本构成。

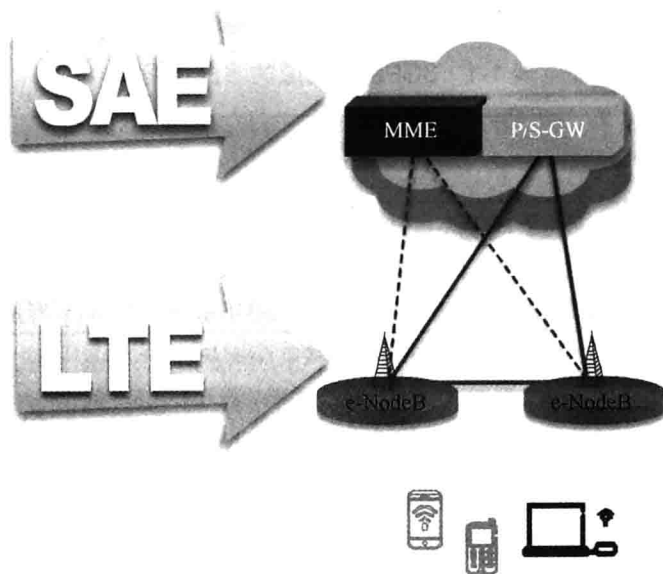


图 1-1 LTE 与 SAE 网络演进的基本构成

1.1.2 EPC：从何而来

从移动运营商的业务网络及业务收入来源组成来看主要分成两大块：电路域和分组域。电路域为终端用户提供的是语音及短消息服务，由于在建立呼叫的过程中由网络中的服务器逐跳完成话务的共同接续，因此电路域也俗称为 CS 域（Circuit Switching：电路交换域）。而分组域则为终端用户提供了数据上网服务，由于在数据转发的过程中由网元独自完成 IP 报文的封装与转发，因此分组域也俗称为 PS 域（Packet Switching：



图 1-2 诺基亚 2110

分组交换域)。

相对于电路域的成熟发展, 分组域的发展无疑显得相对滞后。早在 1994 年, 原中国邮电部部长吴基传就使用诺基亚 2110 打通中国大陆首个 GSM 通话并且开始陆续商用。图 1-2 是打通了中国第一个 GSM 电话的诺基亚 2110。

而基于 GSM 接入技术的 GPRS 无线上网服务直到 2000 年才逐渐开通。相当长一段时期甚至直到今天, 语音业务仍是移动运营商最重要的业务收入来源。而在网络演进的过程中, 电路域同样也走在前面。

表 1-1 给出了 3GPP 规范中关于电路域的演进过程及主要变化。

表 1-1 3GPP 电路域的演进过程

3GPP 规范版本	发 布 时 间	主要变化和內容	商 用 情 况
R99	2000 年	第一个 3G 版本, 引入了 UTRAN	3G 网络过渡方案
R4	2001 年	电路域引入了软交换, 将 MSC 拆分成 MSC 服务器和媒体网关, 实现了承载和控制层的分离	第一个 3G 的商用版本。现网大量采用
R5	2002 年	实现了接入网 IP 化 (即 A 接口 Over IP 和 Gb Over IP)。核心网则引入了 IMS 域, 电路域引入了对 SIP 信令协议的支持。同时引入了容灾的 Iu-Flex 技术 (即电路域和 MSC 池组和分组域的 SGSN 池组)	是全 IP 网络的第一个版本, 但 R5 阶段的 IMS 网络系统仍不足以商用
R6	2005 年	对 IMS 功能增强, 提出了流计费及 MBMS 技术	是第一个可以商用的 IMS 版本

从表 1-1 可以看出, 目前现网中的电路域仍然大量采用 2001 年制定的 3GPP R4 方案, 部分现网电路域网元升级到 2002 年制定的 3GPP R5 标准。除此以外, 电路域现网中还大量部署了 MSC 池组技术来实现冗余。但从架构上来看, 从 3GPP R5 至今, 电路域并没有大的变化。除此以外, 代表传统电路域演进方向下一代的 VoIP 网络——IMS (IP MultiMedia Subsystem: IP 多媒体子系统) 也并没能打动运营商, 从而得到大规模部署。

反过来看分组域的演进。分组域架构从 3GPP R99 规范开始直到演进到 EPC 网络之前, 历经近十年不变, 并一直沿用下来。图 1-3 给出了分组域从 3GPP R99 以来的三个涉及网络架构的主要变化。