



国家重点图书出版规划项目



国之重器出版工程  
网络强国建设

5G 丛书

## Key Technology and Planning & Designing for 5G Carrier Network

# 5G 承载关键技术与规划设计

罗成 程思远 江巧捷 谢维信 张钦宇 编著



中国工信出版集团



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS



国家重点图书出版规划项目



国之重器出版工程  
网络强国建设

5G 丛书

# 5G 承载关键技术与规划设计

Key Technology and Planning &  
Designing for 5G Carrier Network

罗成 程思远 江巧捷 谢维信 张钦宇 编著



人民邮电出版社  
北京

## 图书在版编目(CIP)数据

5G承载关键技术与规划设计 / 罗成等编著. — 北京:  
人民邮电出版社, 2019.9

(5G丛书)

国之重器出版工程

ISBN 978-7-115-51600-8

I. ①5… II. ①罗… III. ①无线电通信—移动通信  
—通信技术 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第130591号

## 内 容 提 要

本书系统地介绍了 5G 承载网络的关键技术及规划设计的思路与方法, 主要内容包括 5G 承载的标准化与进展、5G 承载需求分析、5G 承载的关键技术、各大运营商的 5G 网络架构及其演进思路、网络部署的规划与设计等多个方面。本书内容全面翔实, 对系统地掌握 5G 承载理论技术具有较强的指导作用, 对网络规划建设和运行维护等也具有较高的实用价值。

本书既可以作为通信类工程师了解和学习 5G 承载技术原理的参考书, 又可以供电信网络工程师规划建设和维护网络参考, 还可以作为相关大专、中专院校师生的参考用书。

---

◆ 编 著 罗 成 程思远 江巧捷 谢维信 张钦宇

责任编辑 李 强

责任印制 杨林杰

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

固安县铭成印刷有限公司印刷

◆ 开本: 710×1000 1/16

印张: 13.25

2019 年 9 月第 1 版

字数: 227 千字

2019 年 9 月河北第 1 次印刷

---

定价: 79.00 元

读者服务热线: (010)81055493 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京东工商广登字 20170147 号

# 《国之重器出版工程》

## 编辑委员会

编辑委员会主任：苗 圩

编辑委员会副主任：刘利华 辛国斌

编辑委员会委员：

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 冯长辉 | 梁志峰 | 高东升 | 姜子琨 | 许科敏 |
| 陈 因 | 郑立新 | 马向晖 | 高云虎 | 金 鑫 |
| 李 巍 | 高延敏 | 何 琼 | 刁石京 | 谢少锋 |
| 闻 库 | 韩 夏 | 赵志国 | 谢远生 | 赵永红 |
| 韩占武 | 刘 多 | 尹丽波 | 赵 波 | 卢 山 |
| 徐惠彬 | 赵长禄 | 周 玉 | 姚 郁 | 张 炜 |
| 聂 宏 | 付梦印 | 季仲华 |     |     |



**专家委员会委员（按姓氏笔画排列）：**

- 于 全 中国工程院院士
- 王少萍 “长江学者奖励计划”特聘教授
- 王建民 清华大学软件学院院长
- 王哲荣 中国工程院院士
- 王 越 中国科学院院士、中国工程院院士
- 尤肖虎 “长江学者奖励计划”特聘教授
- 邓宗全 中国工程院院士
- 甘晓华 中国工程院院士
- 叶培建 中国科学院院士
- 朱英富 中国工程院院士
- 朵英贤 中国工程院院士
- 邬贺铨 中国工程院院士
- 刘大响 中国工程院院士
- 刘怡昕 中国工程院院士
- 刘韵洁 中国工程院院士
- 孙逢春 中国工程院院士
- 苏彦庆 “长江学者奖励计划”特聘教授



- 苏哲子 中国工程院院士
- 李伯虎 中国工程院院士
- 李应红 中国科学院院士
- 李新亚 国家制造强国建设战略咨询委员会委员、  
中国机械工业联合会副会长
- 杨德森 中国工程院院士
- 张宏科 北京交通大学下一代互联网互联设备国家  
工程实验室主任
- 陆建勋 中国工程院院士
- 陆燕荪 国家制造强国建设战略咨询委员会委员、原  
机械工业部副部长
- 陈一坚 中国工程院院士
- 陈懋章 中国工程院院士
- 金东寒 中国工程院院士
- 周立伟 中国工程院院士
- 郑纬民 中国计算机学会原理事长
- 郑建华 中国科学院院士



- 屈贤明 国家制造强国建设战略咨询委员会委员、工业和信息化部智能制造专家咨询委员会副主任
- 项昌乐 “长江学者奖励计划”特聘教授，中国科协书记处书记，北京理工大学党委副书记、副校长
- 柳百成 中国工程院院士
- 闻雪友 中国工程院院士
- 徐德民 中国工程院院士
- 唐长红 中国工程院院士
- 黄卫东 “长江学者奖励计划”特聘教授
- 黄先祥 中国工程院院士
- 黄 维 中国科学院院士、西北工业大学常务副校长
- 董景辰 工业和信息化部智能制造专家咨询委员会委员
- 焦宗夏 “长江学者奖励计划”特聘教授

# 本书编辑委员会

编辑委员会主任：程思远

编辑委员会委员：罗 成 谢寅亮 江巧捷 谢维信

张钦宇 毛云翔 刘 涛 王树兰

黎 刚 张 屹 毛 骞 王 宇

喻 睿 邝 达



# 前言

“5G 商用，承载先行”。本书对 5G 承载网络涉及的关键技术和规划与建设的重难点问题进行了详尽的分析，旨在为相关专业人士理解 5G 承载网络提供系统化的参考，并为他们在规划 5G 承载网时提供相应的方法与建议。本书共分为三大部分。

第一部分为理论与技术，共 6 章。第 1 章概述 5G 网络的愿景、应用场景和演进路线；介绍 5G 网络的部署方式以及 5G 承载网络的整体架构；第 2 章详细介绍 5G 承载的标准化与进展，重点介绍 5G 承载网络在 ITU 的进展和工作计划；第 3 章详细分析 5G 承载的需求；第 4 章详细介绍 5G 承载的关键技术与演进建议，包括前传和中 / 回传技术、转发面发展演进建议、管控与同步网的架构与技术；第 5 章阐述中国移动提出的 SPN 技术与架构；第 6 章在介绍分组增强型 OTN 的关键技术后，阐述中国电信提出的 M-OTN 技术与架构。

第二部分为规划与建设，共 4 章。第 7 章介绍基于 C-RAN 模型的整体规划与设计，以及运维管理的要求和建议；第 8 章介绍基于 SPN 的 5G 承载网络规划与建设方案；第 9 章基于 IP RAN 升级的策略，提出了 5G 承载网络设备与光缆的规划与建设方案；第 10 章介绍基于 SDN 的 5G 与固网融合承载网络规划方案以及接口设计标准。

第三部分为总结，共 1 章。第 11 章介绍我国 5G 承载产业的发展趋势和国际行业发展趋势，并总结多种 5G 承载方案的异同。

本书是在 IMT 2020(5G) 推进组工作的基础上，结合中国信息通信研究院与各运营商研究院的前沿研究成果，根据作者参与各省 5G 试验网的实践经验编写而成。由于 5G 目前还没有大规模部署的实际经验，再加上作者水平有限，难免存在谬误，敬请广大读者见谅，并欢迎读者批评指正。



# 目 录

## 第一部分 理论与技术

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 第 1 章 5G 承载网络概述 .....                | 003 |
| 1.1 5G 网络概述 .....                    | 004 |
| 1.2 5G RAN 的演进 .....                 | 009 |
| 1.3 5G 网络设备部署方式 .....                | 012 |
| 1.4 5G 承载网整体架构 .....                 | 015 |
| 1.5 5G 承载转发面概述 .....                 | 017 |
| 第 2 章 5G 承载的标准化与进展 .....             | 021 |
| 2.1 5G 承载的标准化进展 .....                | 022 |
| 2.2 ITU-T SG15 进展 .....              | 024 |
| 2.3 SPN 方案推进 .....                   | 026 |
| 2.3.1 G.ctn5g 5G 传送架构标准 .....        | 026 |
| 2.3.2 G.mtn 城域传送网接口标准 .....          | 027 |
| 2.4 M-OTN 方案推进 .....                 | 027 |
| 2.4.1 G.sup.5gotn 增补文件 .....         | 028 |
| 2.4.2 G.709.25-50 标准建议 .....         | 028 |
| 2.5 G.metro 方案 .....                 | 029 |
| 2.6 2019—2020 年 5G 传送标准的推进工作计划 ..... | 029 |



|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 第 3 章 5G 承载的需求 .....           | 031 |
| 3.1 大带宽增长需求 .....              | 032 |
| 3.1.1 单基站承载 10GE/25GE 接口 ..... | 032 |
| 3.1.2 前传带宽需求 .....             | 033 |
| 3.1.3 中 / 回传带宽需求 .....         | 034 |
| 3.2 超低时延 .....                 | 039 |
| 3.3 高精度时间同步 .....              | 040 |
| 3.4 灵活化连接调度 .....              | 041 |
| 3.5 层次化网络切片 .....              | 042 |
| 3.6 智能化协同管控 .....              | 043 |
| 3.7 4G/5G 混合承载 .....           | 045 |
| 3.8 低成本高速组网 .....              | 045 |
| 第 4 章 5G 承载关键技术 .....          | 047 |
| 4.1 5G 承载前传技术 .....            | 048 |
| 4.1.1 方案一：光纤直连 .....           | 049 |
| 4.1.2 方案二：无源 WDM/OTN .....     | 050 |
| 4.1.3 方案三：WDM-PON .....        | 051 |
| 4.1.4 方案四：IP & 光传输 .....       | 052 |
| 4.1.5 前传方案对比 .....             | 053 |
| 4.2 5G 中 / 回传技术方案 .....        | 054 |
| 4.2.1 5G 中 / 回传分层技术 .....      | 054 |
| 4.2.2 SPN .....                | 055 |
| 4.2.3 M-OTN .....              | 056 |
| 4.2.4 IP RAN & 光层技术方案 .....    | 057 |
| 4.3 5G 承载网络转发面发展演进建议 .....     | 060 |
| 4.4 5G 承载协同管控架构和关键技术 .....     | 061 |
| 4.4.1 5G 承载网络管控架构 .....        | 061 |
| 4.4.2 5G 承载网络管控关键技术 .....      | 062 |
| 4.4.3 5G 承载网络管控发展演进建议 .....    | 065 |
| 4.5 5G 同步网架构和关键技术 .....        | 065 |
| 4.5.1 5G 同步网的组网架构 .....        | 065 |
| 4.5.2 5G 同步网的关键技术 .....        | 066 |



|                                          |            |
|------------------------------------------|------------|
| 4.5.3 5G 同步网发展演进建议 .....                 | 068        |
| <b>第 5 章 5G 承载方案：切片分组网（SPN） .....</b>    | <b>069</b> |
| 5.1 SPN 的技术特征与组网架构 .....                 | 070        |
| 5.1.1 SPN 的技术特征 .....                    | 070        |
| 5.1.2 SPN 的技术架构 .....                    | 071        |
| 5.1.3 SPN 的组网架构 .....                    | 072        |
| 5.2 SPN 的关键技术 .....                      | 074        |
| 5.2.1 切片以太网技术 .....                      | 074        |
| 5.2.2 大带宽技术 .....                        | 076        |
| 5.2.3 确定性低时延技术 .....                     | 078        |
| 5.2.4 灵活可靠连接技术 .....                     | 080        |
| 5.2.5 超高精度同步技术 .....                     | 083        |
| 5.2.6 SDN 集中管控技术 .....                   | 085        |
| 5.3 SPN 其他应用场景 .....                     | 087        |
| <b>第 6 章 5G 承载方案：面向移动承载优化的 OTN .....</b> | <b>091</b> |
| 6.1 分组增强型 OTN 关键技术 .....                 | 092        |
| 6.1.1 交叉技术 .....                         | 092        |
| 6.1.2 多业务承载技术 .....                      | 095        |
| 6.1.3 多层次 OAM 管理技术 .....                 | 097        |
| 6.1.4 光层与电层协同保护技术 .....                  | 100        |
| 6.1.5 可重构光分插复用器（ROADM）技术 .....           | 101        |
| 6.1.6 关键技术小结 .....                       | 103        |
| 6.2 M-OTN 主要技术特征 .....                   | 103        |
| 6.2.1 M-OTN 架构及优化思路 .....                | 105        |
| 6.2.2 25G/50G OTN 接口 .....               | 105        |
| 6.3 M-OTN 小结 .....                       | 108        |
| <b>第二部分 规划与建设</b>                        |            |
| <b>第 7 章 基于 C-RAN 的 5G 承载规划与设计 .....</b> | <b>113</b> |
| 7.1 总体概述 .....                           | 114        |
| 7.1.1 背景介绍 .....                         | 114        |



|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 7.1.2 适用范围 .....                 | 116 |
| 7.2 C-RAN 规划总体介绍 .....           | 116 |
| 7.2.1 组网架构 .....                 | 116 |
| 7.2.2 规划要求 .....                 | 116 |
| 7.2.3 规划原则 .....                 | 117 |
| 7.3 C-RAN 组网配置要求 .....           | 123 |
| 7.3.1 光模块配置原则 .....              | 123 |
| 7.3.2 前传彩光配置 .....               | 124 |
| 7.3.3 传输设备配置建议 .....             | 126 |
| 7.3.4 传输线路设置要求 .....             | 126 |
| 7.3.5 电源及动环建议 .....              | 126 |
| 7.4 C-RAN 组网设计要求 .....           | 127 |
| 7.4.1 系统组网连接规范 .....             | 127 |
| 7.4.2 设计图纸基本要求 .....             | 128 |
| 7.4.3 机房侧设备安装要求 .....            | 128 |
| 7.5 C-RAN 运维管理要求和建议 .....        | 129 |
| 7.5.1 资源管理与运维建议 .....            | 129 |
| 7.5.2 传输资源管理与运维建议 .....          | 130 |
| 7.5.3 电源配套及机房管理运维建议 .....        | 130 |
| 7.6 其他相关建议 .....                 | 130 |
| 7.6.1 资源使用建议 .....               | 130 |
| 7.6.2 影响 C-RAN 开通的主要因素及建议 .....  | 131 |
| 第 8 章 基于 SPN 的 5G 承载网规划与建设 ..... | 133 |
| 8.1 对基础资源的要求 .....               | 134 |
| 8.1.1 汇聚机房 .....                 | 134 |
| 8.1.2 管道 .....                   | 135 |
| 8.1.3 综合业务接入区和微网格 .....          | 135 |
| 8.2 规划建设的策略与原则 .....             | 136 |
| 8.2.1 规划建设策略 .....               | 136 |
| 8.2.2 规划建设原则 .....               | 136 |
| 8.3 建设方案 .....                   | 137 |
| 8.3.1 网络结构 .....                 | 137 |
| 8.3.2 各功能部分的基本要求 .....           | 138 |



|        |                        |     |
|--------|------------------------|-----|
| 8.3.3  | 5G 回传建设方案              | 139 |
| 8.3.4  | 网管                     | 143 |
| 第 9 章  | 基于 IP RAN 升级的 5G 承载网规划 | 145 |
| 9.1    | IP RAN 设备升级规划          | 146 |
| 9.1.1  | IP RAN 升级演进策略与架构       | 146 |
| 9.1.2  | 业务需求分析及计算模型            | 147 |
| 9.1.3  | 承载网规划原则                | 148 |
| 9.1.4  | 规划方案初步分析               | 149 |
| 9.2    | 配套光缆规划                 | 150 |
| 9.2.1  | 规划思路                   | 150 |
| 9.2.2  | 配置原则                   | 151 |
| 9.2.3  | 建设方案                   | 152 |
| 第 10 章 | 基于 SDN 的固移融合承载规划设计     | 155 |
| 10.1   | 5G 时代融合承载需求            | 156 |
| 10.2   | SDN 概述                 | 158 |
| 10.3   | 固移融合承载网络整体规划           | 159 |
| 10.3.1 | 融合承载网络规划原则             | 159 |
| 10.3.2 | 融合承载网络参考体系             | 161 |
| 10.3.3 | 融合承载网络技术特征             | 162 |
| 10.4   | 管理及应用面规划与设计            | 166 |
| 10.4.1 | 编排器规划原则                | 166 |
| 10.4.2 | 编排器接口设计                | 168 |
| 10.5   | 控制面规划与设计               | 169 |
| 10.5.1 | 拓扑管理                   | 169 |
| 10.5.2 | 配置管理                   | 170 |
| 10.5.3 | 控制器南向接口设计              | 171 |
| 10.5.4 | 控制器北向接口设计              | 171 |
| 10.6   | 转发面接口规划与设计             | 171 |
| 10.6.1 | 转发面接口概述                | 171 |
| 10.6.2 | 固定网络转发面接口设计            | 172 |
| 10.6.3 | 无线网络转发面接口设计            | 173 |
| 10.7   | 融合承载网络系统的演进            | 173 |



10.7.1 与传统网络兼容 ..... 173

10.7.2 可长期演进 ..... 174

10.7.3 网络演进路线 ..... 175

第三部分 总结

第 11 章 5G 承载发展趋势 .....179

11.1 我国 5G 承载产业发展趋势 ..... 180

11.1.1 光纤光缆基础设施..... 180

11.1.2 5G 光模块和芯片 ..... 182

11.1.3 5G 承载网络设备 ..... 184

11.2 国际 5G 承载行业趋势 ..... 185

11.3 小结..... 186

缩略语.....187

参考文献.....193

# 第一部分 理论与技术

