

# 面向5G的IPRAN网络

Discussion on 5G-oriented IPRAN  
Network Planning Method

# 规划方法探讨

黄铭锋(中讯邮电咨询设计院有限公司上海分公司,上海 200050)

Huang Mingfeng(China Information Technology Designing & Consulting Institute Co.,Ltd.Shanghai Branch,Shanghai 200050,China)

## 摘要:

随着运营商不断扩大5G试点,5G时代已到。5G将从单纯提升用户体验,扩展到使能数字社会,从而开启新商业模式,满足各类业务通信需求,同时也对承载网提出更高的要求。IPRAN承载网作为目前运营商4G网络的主流承载网络,设备规模巨大,预计5G与4G将长期并存,为了尽可能保护现有网络投资,提升网络利用率,从面向5G需求出发,对如何进行IPRAN承载网规划,从而满足5G承载进行相关探讨。

## 关键词:

5G;IPRAN;规划

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2020.04.012

文章编号:1007-3043(2020)04-0057-07

中图分类号:TN915.6

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Abstract:

As operators continue to expand 5G pilot projects, 5G era has arrived. It is well known that 5G will enhance the user experience and enable the digital society, open new business models, and meet various business communication needs, it also puts forward higher demands on the bearer network. IPRAN bearer network is the mainstream bearer network of current operators' 4G network. It is expected that 5G and 4G will coexist for a long time. In order to protect existing network investment and improve network utilization as far as possible, it starts with 5G requirements, explore how to carry out IPRAN bearer network planning to meet 5G bearer.

## Keywords:

5G;IPRAN;Planning

引用格式:黄铭锋.面向5G的IPRAN网络规划方法探讨[J].邮电设计技术,2020(4):57-63.

## 0 前言

进入2019年,5G已经从研究开发,逐步迈入规模建设的门槛,几大运营商经过前期的5G试点,对不同的传输方案进行了相应的验证,这些传输方案包括IPRAN、IPRAN+PeOTN、SPN、MOTN等,其中IPRAN传输网络技术成熟、成本较低,在5G传输上都具有较大的优势,但是IPRAN传输网现有网络结构复杂、设备规模庞大、设备型号各异。因此,非常有必要对5G传输特性进行分析,针对现有网络情况,提出具体的规

划方法。

## 1 5G传输需求

5G三大主要应用方向是超大带宽(eMBB)、超低时延(uRLLC)、超大连接(mMTC),结合5G频谱频率较高的现实情况,5G站点将会出现密度高、容量大等特点,这就要求传输网必须具备灵活、高效、智能的特性。

### 1.1 传输协议

5G传输的三大主要技术包括EVPN(Ethernet VPN)、SR(Segment Routing)、Flex-E。

EVPN技术是下一代的Ethernet L2 VPN解决方

收稿日期:2020-03-12

案,通过引入BGP协议承载MAC可达信息,从控制平面学习远端MAC地址,将IP VPN的技术优势运用到以太网网络中,实现控制和转发平面分离的目标。EVPN技术从业务层面区分,包括EVPN L2 VPN、EVPN L3 VPN。在IPRAN承载网络中,建议采用EVPN L2 VPN替代传统的L2 VPN专线。采用EVPN L3 VPN替代HoVPN技术,实现各承载协议向EVPN统一,简化运维。

SR技术目前包括SR-BE与SR-TE 2种。对于5G S1业务,属于确定性路径业务,可部署端到端的SR-TE隧道,在IPRAN网络接入、汇聚、核心层级设备之间,部署分段SR-TE隧道。对于5G eX2业务,存在路径不确定性,建议部署SR-BE隧道,IPRAN网络接入、核心汇聚层分属不同的IGP域,域内节点间自动生成Full-mesh的SR-BE隧道。

Flex-E技术是实现5G网络硬切片的技术方案之一,通过建立端到端的Flex-E硬管道,提供低时延、低抖动、实时业务的承载网络,由于Flex-E技术存在设备硬件要求,标准化工作尚在完善,在IPRAN承载网络初期可采用VPN+DSCP方式实现网络软切片,在Flex-E技术条件具备后,按需部署硬切片特性。

### 1.2 传输带宽

根据典型的站点配置分析,提取分析单站流量峰值和均值。站点理论流量模型分析如表1所示。

5G前期采用NSA建设方案,4G/5G基站共站址建设,共站均值3.21G(3.09G+0.12G),共站峰值6.075G

表1 4G/5G站点理论流量模型分析

基站	4G	5G
频谱资源	1.8G 频谱, 15M 频宽	2.6G 频谱, 160M 频宽
频谱效率/(bit/Hz)	峰值 15, 均值 2.5	峰值 40, 均值 7.8
基站配置	3 Cells, 4T4R	3 Cells, 64T64R
单站均值	120M	3.09G
单站峰值	305M	5.77G

具体分析应用中可根据不同的配置方法进行调整。

(5.77G+0.305G)。

目前基站承载方案主要分为C-RAN和D-RAN方式,下面针对不同承载方式,按照接入环下挂基站的均值站:峰值站=7:1,考虑30%的站点容量负荷比,接入层:汇聚层:核心层带宽收敛比为8:2:1,接入环、汇聚环、核心环的典型容量需求如表2所示。

### 1.3 传输时延

5G低时延特性,主要为满足特殊场景下的用户体验需求。现有4G网络平均端到端时延约为几十毫秒,5G提出了端到端的毫秒级时延要求,5G低时延技术的实现,需要通过承载网络架构扁平、控制转发分离、核心网功能下沉、移动边缘计算、网络切片等手段对时延进行优化,以灵活应对不同业务的时延要求。

IPRAN承载网络的时延特性,主要和业务端到端转发处理设备数量、光缆传输距离有关,通过采用低时延业务直通调度和抢占转发资源的技术,可以大大减少IPRAN设备时延,达到几十μs,光缆传输时延为

表2 IPRAN承载网理论流量模型分析

场景		CRAN(大集中)	CRAN(小集中)	DRAN
接入环路带宽测算	接入环节点	2	4	8
	每节点基站数	8	4	1
	接入环总基站数	16	16	8
	传输带宽测算公式	2×峰值+14×均值×30% 负荷比	2×峰值+14×均值×30% 负荷比	1×峰值+7×均值×30% 负荷比
接入环需求	预测带宽/G	25.6	25.6	12.8
	建设环路带	初期 25 G /50 G, 后期升级 100 G	初期 25 G /50 G, 后期升级 100 G	初期 10 G, 后期升级 25 G /50 G
汇聚环需求 (汇聚:接入 收敛比 1:4)	单汇聚下挂接入环路数量	13	13	25
	预测带宽/G	80	80	80
	建设环路类型	100G, 后期 100G 链路捆绑或升级 400G	100G, 后期 100G 链路捆绑或升级 400G	100G, 后期 100G 链路捆绑或升级 400G
核心环需求 (核心:汇聚 收敛比 1:2)	下挂汇聚环路数量	10	10	10
	预测带宽/G	401	401	401
	建设环路类型	100G 链路捆绑/400G, 后期 400G 链路捆绑	100G 链路捆绑/400G, 后期 400G 链路捆绑	100G 链路捆绑/400G, 后期 400G 链路捆绑

按照汇聚区覆盖平均200个基站测算,获取汇聚环下挂接入环规模;本地网平均10个汇聚区,获取核心环下挂汇聚环规模。

5 μs/km。因此为达到5G毫秒级的时延需求,需要减少网络层级,从而尽可能减少端到端经过的设备数量,同时减少光缆传输距离。

综上所述,5G承载网络指标需求主要包括带宽、时延、三层灵活部署、时间同步、网络切片、智能运维等方面。在IPRAN规划过程中,需要制定IPRAN承载5G的目标网络结构,对现有IPRAN网络和设备进行分析,从而制定最优的方案。

## 2 IPRAN 规划方法

按照问题导向、目标引领、具体规划的总体思路,下面具体介绍面向5G的IPRAN网络规划方法。

### 2.1 现状问题概述

现有IPRAN承载网络结构,由于建网初期的机房、光缆资源受限,部分区域延续了MSTP的组网特性,以核心、汇聚、接入构建大环为主,典型拓扑结构如图1所示。图1所示的网络结构在面向5G承载时,存在以下突出问题。

**核心层:**核心设备较多,双节点双平面结构,汇聚环挂接核心设备不统一,影响业务转发效率。

**汇聚层:**未实现分汇聚区“口字型”组网结构,存在较多跨汇聚区的大汇聚环,环路整环扩容成本较高。

**接入层:**未实现综合业务接入区内综合业务接入

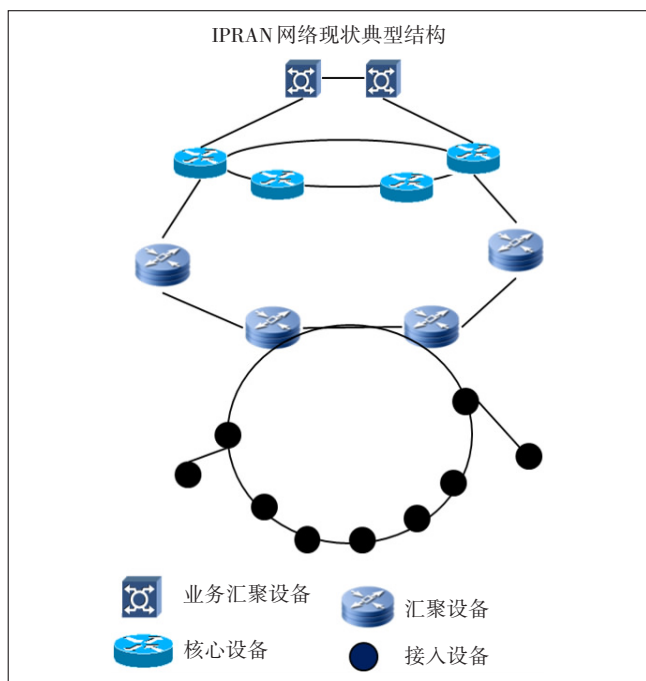


图1 IPRAN网络现状拓扑示意图

节点设备独立组网,接入大环较为普遍,难以满足后续BBU集中后的接入环路容量要求。

此外,IPRAN1.0设备型号还存在无法满足5G特性的情况,需要进行升级替换,主要表现为:

a) 设备硬件端口能力或软件无法升级支持5G特性,需整机替换。

b) 设备硬件端口能力和软件可升级支持5G特性,需替换交换板,现有部分业务板卡无法继续使用,需要进行替换。

### 2.2 规划思路和目标

通过对5G需求和IPRAN现状分析,制定了IPRAN承载网络目标结构,即基于现有基础架构,以垂直分层、水平分区为基本思路,在汇聚区、综合业务接入区内,以汇聚机房、综合业务接入机房为网络支点,充分利旧和优化现有IPRAN1.0网络,对无法支持5G的设备采用新建IPRAN2.0(下一代IPRAN)或替换的方式,形成面向5G的IPRAN承载拓扑如图2所示。

为满足5G技术协议、带宽、时延要求,根据前文的需求测算,对网络结构和环路节点规模予以确定,同时基于TCO最优目标,在充分利用现网可用资源情况下,考虑满足目标网络的优化和新建方法,归纳为3类较为典型的组网情况。

a) 区内没有二级汇聚1.0设备,CRAN点2.0设备独立组环,DRAN站点2.0设备组环或零星单链挂接,环上设备节点不超过4个,DRAN站点2.0设备环上节点不超过8个。

b) 区内有二级汇聚1.0设备,充分利旧用于5G,CRAN点2.0设备独立组环,DRAN站点2.0设备和接入1.0设备零星单链挂接。

c) 至汇聚光缆距离超过长距光模块传输范围时,设置二级汇聚2.0设备,单个综合业务接入区内二级汇聚2.0设备不超过2端,CRAN点2.0设备独立组环,环上设备节点不超过4个,DRAN站点2.0设备环上节点不超过8个。

### 2.3 具体规划方法

5G应用的场景主要分为面向企业(2B)和面向用户(2C)。其中2B业务,业务需求节点在地理上较为分散,呈现多片区分布特点。2C业务,业界已经发布多款5G手机,但是整体数量较少,价格偏高,预计5G手机在2020年才会规模出货。因此5G规模建网存在时间节点的不确定性,IPRAN规划务必结合5G建网规模节奏,建议针对不同地区不同场景,制定相适应的



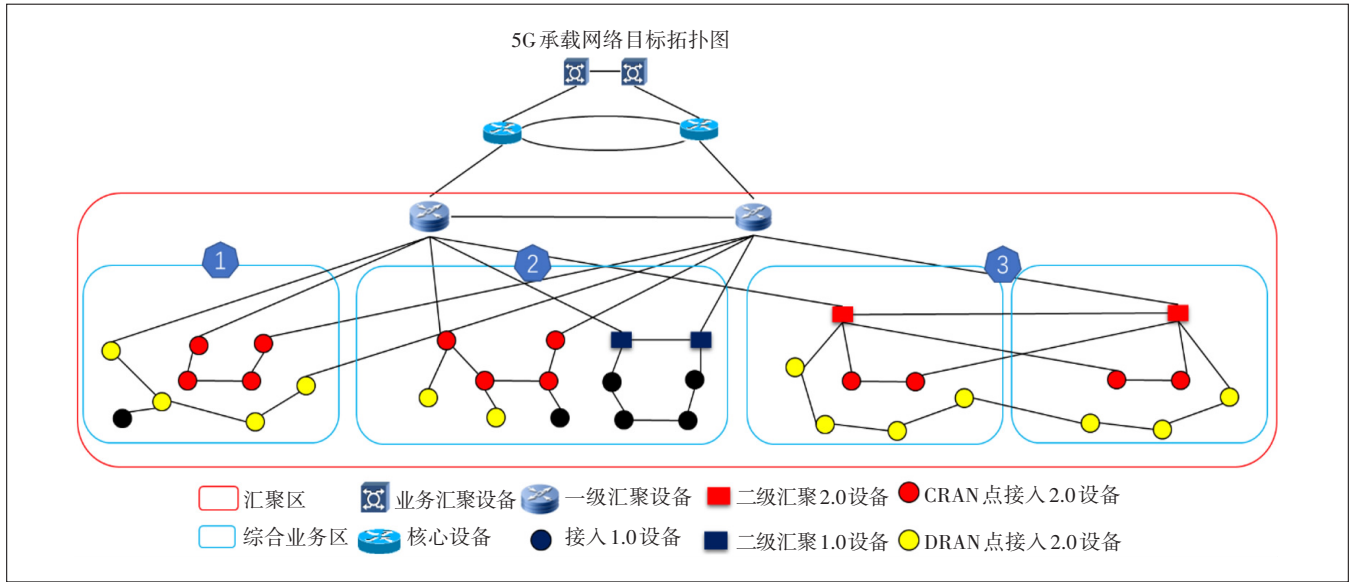


图2 5G承载网络目标拓扑图

策略。下面通过各步骤描述,详细阐述规划方法。

### 2.3.1 点面匹配,按区归类

第1步:通过获取5G站点的站址经纬度,与基础架构的汇聚区、综合业务接入区的图层进行匹配,展示地图如图3所示。

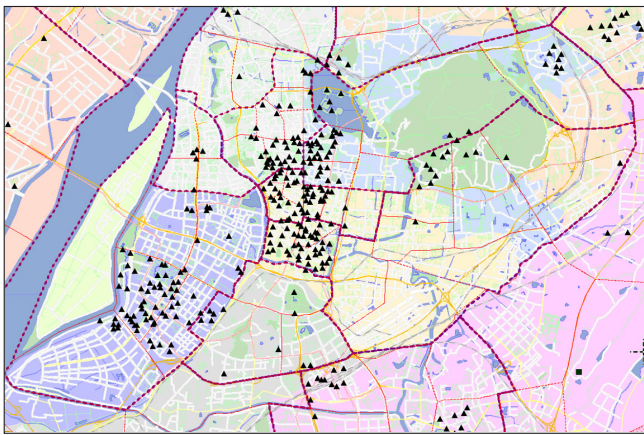


图3 5G站点的站址展示地图

第2步:分析5G站点归属汇聚区、综合业务接入区情况,如表3所示。

第3步:以汇聚区、综合业务接入区为单元,分区进行5G站点规模分布统计分析,如表4所示。

### 2.3.2 分层分区,量身规划

#### 2.3.2.1 接入层规划

5G站点主流传输接入接口为10GE端口,现网IPRAN接入设备的业务端口一般以GE/10GE接口为主,但是10GE端口能力提供较弱,一般用于5G小规模站

表3 归属汇聚区、综合业务接入区情况

序号	地(市)名称	汇聚区名称	综合业务接入区名称	5G站点规模
1	XX	XX 汇聚区	A 综合业务接入区	5
2	XX		B 综合业务接入区	10
3	XX		C 综合业务接入区	18
4	XX	YY 汇聚区	D 综合业务接入区	12
5	XX		E 综合业务接入区	8
6	XX		F 综合业务接入区	12
7	XX		G 综合业务接入区	20
...	...	...	...	...

表4 5G站点规模分布统计

序号	地(市)名称	5G站点名称	归属汇聚区名称	归属综合业务接入区名称
1	XX	xx 基站	XX 汇聚区	A 综合业务接入区
2	XX	xx 基站	XX 汇聚区	B 综合业务接入区
3	XX	xx 基站	XX 汇聚区	C 综合业务接入区
...	...	...	...	...

点按照DRAN模式建设。因此,需对现网IPRAN接入设备能力进行分析,统计模板如表5所示。

现阶段IPRAN2.0接入设备的业务端口可支持到更多的10GE,每端设备可接入5G站点规模超过10个,能够满足5G大规模站点按照CRAN模式建设的需要,但是从建设成本考虑,一般建议在充分利旧现有设备基础上,对无法满足需求的区域才进行新建或替换。

按照基础架构规划,如某综合业务接入区内平均

表5 现网IPRAN接入设备能力统计

序号	地(市)名称	汇聚区名称	综合业务接入区名称	支持10GE业务端口的设备数量	其中现有端口可利用的设备数量	其中插板扩容可利用的设备数量	其中去除无效单板后扩容可利用的设备数量
1	XX	XX 汇聚区	A综合业务接入区				
2	XX		B综合业务接入区				
3	XX		C综合业务接入区				
4	XX	YY 汇聚区	D综合业务接入区				
5	XX		E综合业务接入区				
6	XX		F综合业务接入区				
7	XX		G综合业务接入区				
8	...	...	...	...	...	...	...

有A个综合业务接入点,区内有S个5G站点,5G站点平均流量为L Gbit/s,综合业务接入机房每端接入设备经过升级后支持N个5G站点接入。当5G站点规模超过综合业务接入点内IPRAN1.0设备的接入能力时(5G站点>A×N个),选取新建IPRAN2.0接入环的模式。当综合业务接入区内5G站点规模不超过综合业务接入点内IPRAN1.0设备的接入能力时(5G站点≤A×N个),选取现网综合业务接入点内的IPRAN1.0设备进行5G接入,当5G流量(S×L)超过传输接入环剩余容量门限时,首先通过裂环方式对现网结构进行优化,如仍然无法满足需求,需新建IPRAN2.0接入环,以满足5G传输带宽需求。

因此,通过分析现网IPRAN1.0设备能力和规划5G站点规模情况,从网络架构和建设成本上考虑,总体上按照度超前、TCO成本最优目标承载的原则,选取合适的方案,形成方案表格模板(见表6)。

### 2.3.2.2 汇聚层规划

对于5G传输接入环的上联汇聚需求,在汇聚层同样也有采用现网IPRAN1.0设备扩容结构优化或新建IPRAN2.0接入环的方式。具体需从以下2方面综合考虑。

a) 网络结构:根据围绕基础架构进行建网的规划思路,网络汇聚层需要以汇聚区为单位,形成汇聚区内2端汇聚设备的“口”字型双上联至核心,从而实现垂直分层,水平分区的网络目标结构,最大化发挥汇聚效率。因此,规划需对现网保留汇聚设备未满足的网络结构进行优化,对新增汇聚设备按照目标结构进行组网。

b) 设备性能:采用现网设备扩容的方式,首先需要进行设备硬件和软件能力分析,判断是否可以支持5G传输。硬件上要求物理端口支持100G,对于端口支持最大速率仅10G难以满足规划建网需求的设备,需要新增IPRAN2.0设备予以替换;对于软件无法支持5G传输协议新特性,可以满足5G初期eMBB大带宽传输需求,但是无法满足长远的5G传输网络要求的设备,可以根据业务需求采用现有设备软件升级或新增IPRAN2.0设备予以替换,其中软件升级需考虑由于现有设备的部分老型号板卡无法适配而需进行替换的情况。

在规划前,需要对网络结构和设备情况进行调研分析,展示汇聚层拓扑结构,同时形成方案表格模板(见表7)。

表6 方案表格模板

序号	地(市)名称	汇聚区名称	综合业务接入区名称	5G站点规模	利旧IPRAN1.0设备	扩容IPRAN1.0设备	优化IPRAN1.0环路	新增IPRAN2.0设备
1	XX	XX 汇聚区	A综合业务接入区	5	2	3	1	
2	XX		B综合业务接入区	10				2
3	XX		C综合业务接入区	18	2		1	3
4	XX	YY 汇聚区	D综合业务接入区	12				2
5	XX		E综合业务接入区	8	4	4	1	
6	XX		F综合业务接入区	12	2			2
7	XX		G综合业务接入区	20				4
8	...	...	...	...	...	...	...	...

表7 汇聚层方案表格模板

序号	地(市)名称	汇聚区名称	是否目标网络结构	汇聚节点名称	汇聚设备型号	剩余仅支持扩容10GE端口的等效能力(GE)	剩余支持扩容100GE端口的等效能力(GE)	是否支持软件升级5G特性
1	XX	XX 汇聚区	是	X1	HJ-C1	0	500	是
2	XX			X2	HJ-C2	0	400	是
3	XX	YY 汇聚区	否	Y1	HJ-C1	100	300	是
4	XX			Y2	HJ-C2	100	200	否
5	XX	ZZ 汇聚区	是	Z1	HJ-C1	200	0	否
6	XX			Z2	HJ-C2	200	0	否
7	...	...		...	...	...	...	...

按照基础架构规划,如某汇聚区内规划5G站点M个,平均5G站点流量为L Gbit/s,汇聚区内有Z个综合业务接入区,接入层规划方案有X个综合业务接入区新增IPRAN2.0接入环。每个扩容IPRAN1.0接入环的综合业务接入区,会有10GE端口上联汇聚需求;每个新增IPRAN2.0接入环的综合业务接入区,初期通过10GE端口上联汇聚,中期升级至25GE/50GE,远期升级至100GE。因此,汇聚层的规划,需要从设备性能、传输流量和剩余端口进行分析。

a) 设备性能:建议对无法支持100GE端口或无法支持软件升级5G特性的现有设备进行新增IPRAN2.0设备替换,避免后续对业务进行大规模割接调整。

b) 传输流量:在汇聚设备可支持100GE端口的情况下,建议初期5G汇聚流量( $M \times L \div \text{收敛比} 4$ )与其他业务流量之和不超过40GE时,从建设成本考虑,可继续采用多条10GE链路捆绑方式;当汇聚流量超过40GE时,采用扩容100GE链路方式。

c) 剩余端口:汇聚设备剩余可扩容端口能力需满足新增接入环上联、汇聚互联以及汇聚上联的总需求。其中新增IPRAN2.0接入环上联端口需求为X个(匹配具体接入环上联端口类型),汇聚流量不超过40GE情况下,汇聚互联和上联采用10GE端口需求为 $M \times L \div \text{收敛比} 4 \div 10$ 个,汇聚流量超过40GE情况下,汇

聚互联和上联采用100GE端口需求为 $M \times L \div \text{收敛比} 4 \div 100$ 个。当设备端口无法满足需求时,首先采用高密度端口板卡对原有低密度端口板卡进行替换,从而释放出槽位,当仍然无法满足需求时,需升级或新增能力更强的设备。

通过以上分析,形成汇聚层方案表格模板(见表8)。

### 2.3.2.3 核心层规划

从流量转发效率考虑,核心层一般采用双核心结构,当双核心设备无法满足目标汇聚上联、核心互联、核心上联端口需求时,采用多核心结构。核心设备的性能同样从硬件和软件2方面考虑,物理端口需要支持100GE且后续可升级为400GE,剩余槽位的端口能力至少可满足3年规划期内的汇聚上联、核心互联、核心上联端口需求,同时要求支持5G特性。

规划前,需对网络结构和设备情况进行调研分析,展示核心层拓扑结构,同时形成方案表格模板(见表9)。

核心层的规划方法,同汇聚层规划一样,从设备性能、传输流量和剩余端口进行分析,对模型参数进行一定修改,此处不再赘述。

通过分析,形成核心层方案表格模板,如表10所示。

表8 汇聚层方案表格模板

序号	地(市)名称	汇聚区名称	是否进行网络结构优化	汇聚节点名称	是否进行软件升级	需整合替换板卡数量	扩容10GE端口数量	扩容100GE端口数量	如新增,汇聚设备型号
1	XX	XX 汇聚区	否	X1	是	2	10		
2	XX			X2	是	3		2	
3	XX	YY 汇聚区	是	Y1	是		5		
4	XX			Y2	是		2		
5	XX	ZZ 汇聚区	否	Z1	否				HJ-NC1
6	XX			Z2	否				HJ-NC2
7	...	...		...	...		...	...	...

表9 核心层网络结构和设备情况

序号	地(市)名称	核心节点名称	设备型号	剩余仅支持扩容10GE端口的等效能力/GE	剩余支持扩容100GE端口的等效能力/GE	是否支持软件升级5G特性
1	XX	H1	HX-H1	0	600	是
2	XX	H2	HX-H1	0	500	是
3	XX	H3	HX-C1	100	300	是
4	XX	H4	HX-C2	0	0	否
5	...	...	...	...	...	...

表10 核心层方案表格模板

序号	地(市)名称	核心节点名称	是否进行软件升级	需整合替换板卡数量	扩容10GE端口数量	扩容100GE端口数量	如新增,核心设备型号
1	XX	H1	是	3	10	2	
2	XX	H2	是	5		4	
3	XX	H3	是		20		
4	XX	H4	否				HX-NC1
5	...	...	...	...	...	...	...

### 3 结束语

面向5G的IPRAN承载网是智能、高效、简化等特点相结合的目标网络,并全面支撑5G各个阶段的业务特性,同时能够兼顾现有业务,避免烟囱式建网,因此,在5G建设前需确定合理的网络目标,根据5G部署的总体节奏,总体规划、适度超前、落地实施。

#### 参考文献:

[1] 陈烈强,顾荣生,尹祖新,等.面向5G需求的本地基础网络架构浅析[J].邮电设计技术,2018(11):46-51.

[2] 田洪宁,刘琦,尹祖新.5G承载网络演进及部署方案探讨[J].邮电设计技术,2018(11):41-45.

[3] 曾毅.5G承载网的挑战和关键技术探讨[J].邮电设计技术,2018(11):52-56.

[4] 庞冉,王海军,彭绍勇,等.基于IPRAN网络演进的5G回传承载方案探讨[J].邮电设计技术,2018(5):9-12.

[5] 叶胤,刘兴华.低时延传输网络设计[J].电信技术,2013(11):92-94.

[6] 马培勇,梅云波.IP RAN最优组网模式的实际案例研究[J].移动通信,2014(Z1):60-64.

[7] 尤肖虎,潘志文,高西奇,等.5G移动通信发展趋势与若干关键技术[J].中国科学:信息科学,2014(5).

[8] 刘三思,李连成.C-RAN的应用和发展趋势分析[J].数字通信,2012(6).

[9] ZHANG JIANPING, ZHANG JIEXIN, FANG MING. Study on IP RAN Technique Evolution and Network Construction [J]. Telecommunications Science, 2012.

[10] 谭建锋.IP-RAN SDN自动部署技术实现研究[D].南京:东南大学,2016.

[11] ZHOU NAN,JIANGSU POST AMP. IP RAN Network Evolution Plan for 5G Backhaul[J]. Designing Techniques of Posts and Telecommunications, 2018.

[12] 张旭,徐慧姣.IP RAN网络部署策略研究[J].电子世界,2016(18):18-18.

[13] ZHUO HUI. Research on IPRAN Network Evolution Scheme for 5G Return Bearing Requirements[J]. Telecom Power Technology, 2019.

[14] 马培勇,杨广铭,尹远阳.5G承载技术研究[J].广东通信技术,38(9):34-37.

[15] 董允凯.论述5G无线网络架构对传输网的影响[J].数码世界,2018(10):26-26.

[16] V. NIKAS, G. V. LILOUDAKIS, N. L. DELLAS. Evolving UMTS towards IP; Evaluation of the SIPRAN Architecture.[EB/OL].[2019-12-01].http://xueshu.baidu.com/usercenter/paper/show?paperid=2195946537acc62de08056b521fa6a2&site=xueshu.

[17] 孙嘉琪,杨广铭,卢泉.IP RAN SDN的研究与实践[J].互联网天地,2014(9):44-49.

[18] 杨松.基于IPRAN的某联通传送网的规划与应用[D].长春:吉林大学.

[19] 马培勇,杨广铭,尹远阳.5G承载技术研究[J].广东通信技术,38(9):34-37.

[20] 杨明极,刘德绵.IP RAN技术与应用[J].科技创新与应用,2013(3):65.

#### 作者简介:

黄铭锋,工程师,长期从事传输网规划、设计工作。

