



International Metro Transit
Exhibition & Forum
Beijing

北京国际城市轨道交通展览会
暨高峰论坛(2019)

5G背景下轨道交通民用通信传输系统解决方案

单位：京投轨道交通科技控股有限公司

姓名：陈森江

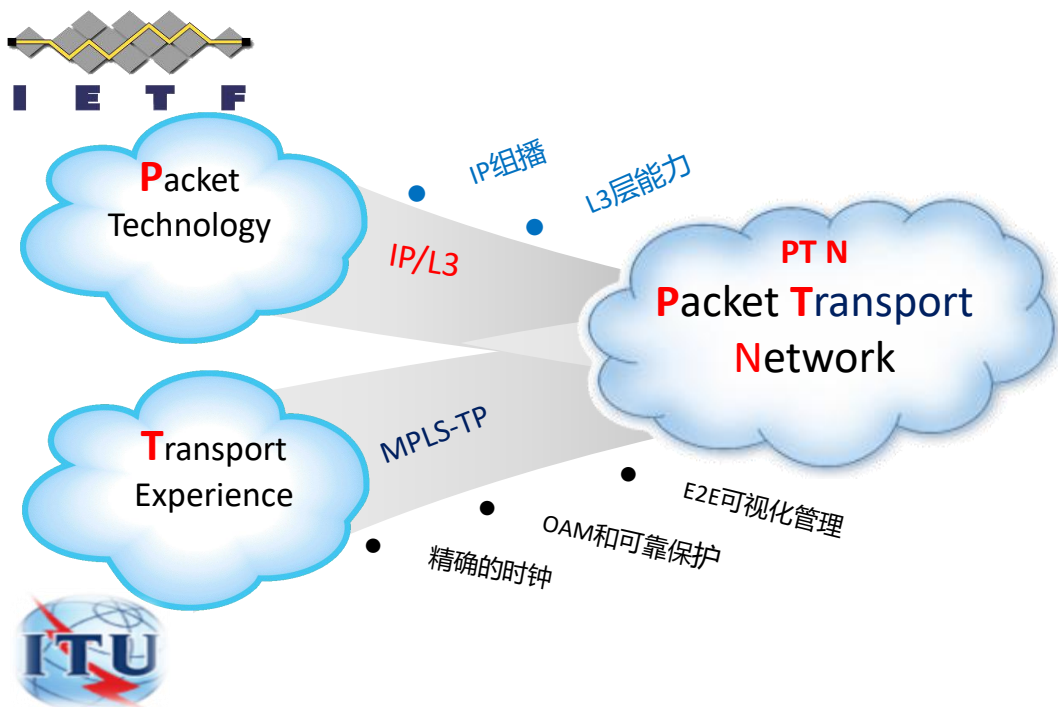




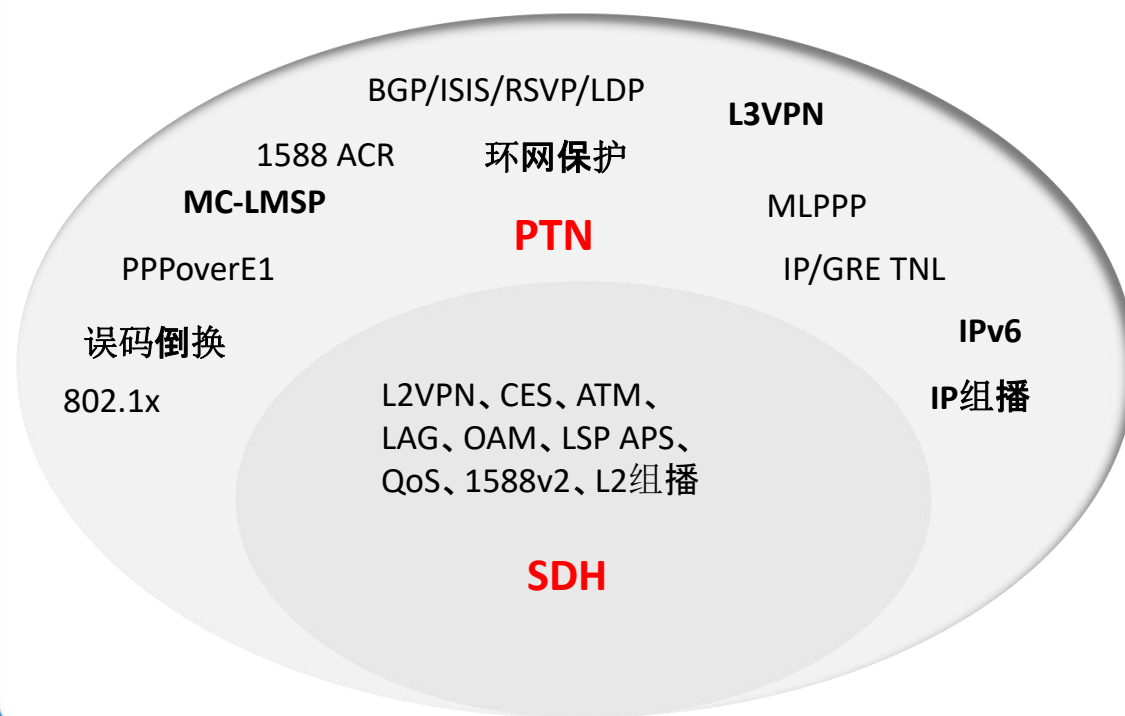
Metro Trans

通信技术演进之路

MPLS-TP内核/SDH运维体验



兼容SDH业务，完善分组解决方案



传输技术演进之路：PDH->SDH->MSTP->**PTN/SPTN**->SDN

通信技术对比

通信技术	技术原理	业务模型	典型应用场景	技术特点	维护方式	扩展性(增加端口、板卡、设备)	成本
MSTP	TDM/SDH为主 (兼容以太)	E-Line、E-Lan	2G、大客户专线	刚性管道	传输习惯	复杂 (需规划网络)	高
OTN	WDM(以SDH为基础)	E-Line、E-Lan	骨干网 (城域/广域)	刚性管道	传输习惯	复杂 (需规划网络)	高
PTN	MPLS-TP (以太为主)	E-Line、E-Lan、L3VPN	2G、3G、4G、5G、大客户专线	刚性管道+软管道 (QOS复用)	传输习惯 (支持误码倒换)	灵活	低
IP RAN	IP MPLS VPN (以太为主)	E-Line、E-Lan、L3VPN	2G、3G、4G、5G	软管道 (QOS复用)	IP方式	灵活	低

1

地铁民用系统网络建设背景及挑战

2

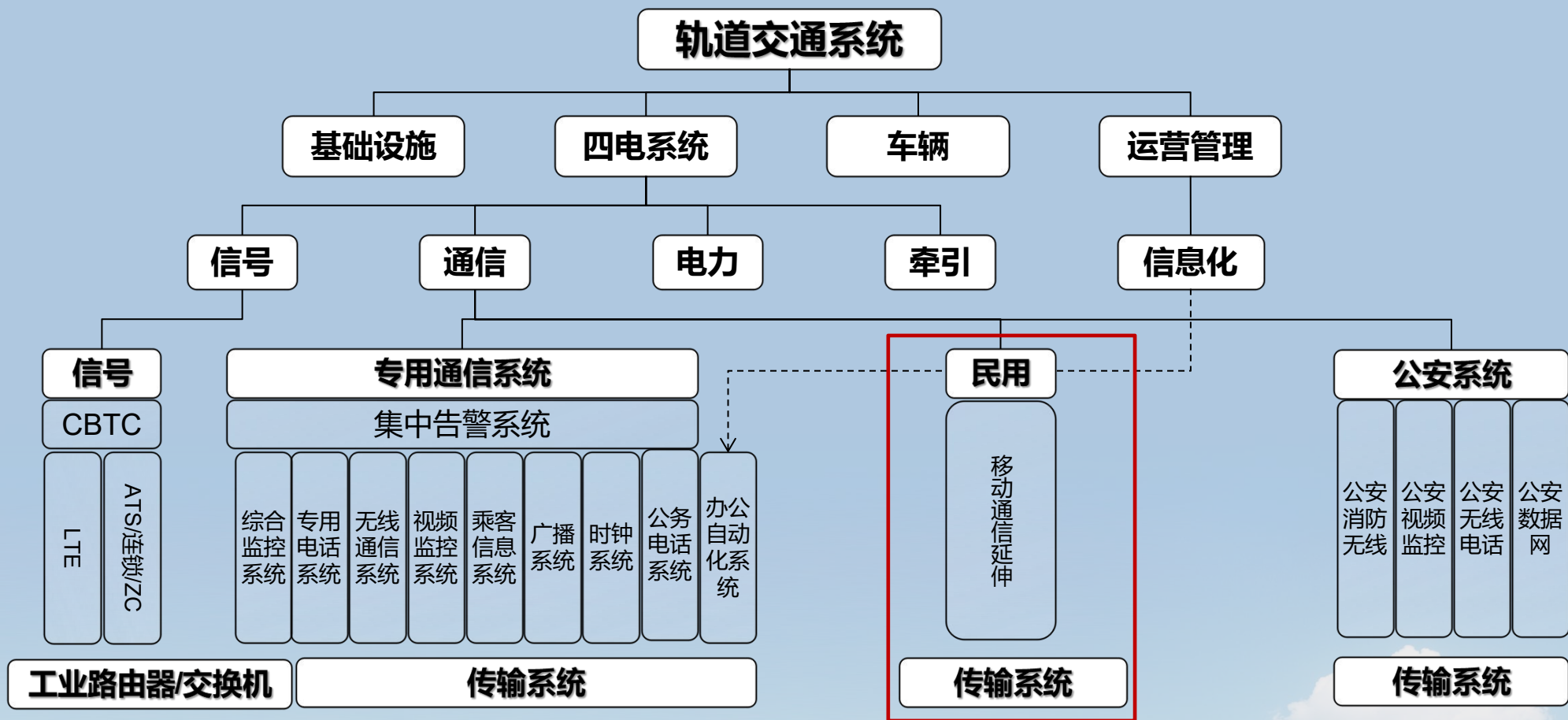
PTN解决方案及亮点

3

5G实践介绍

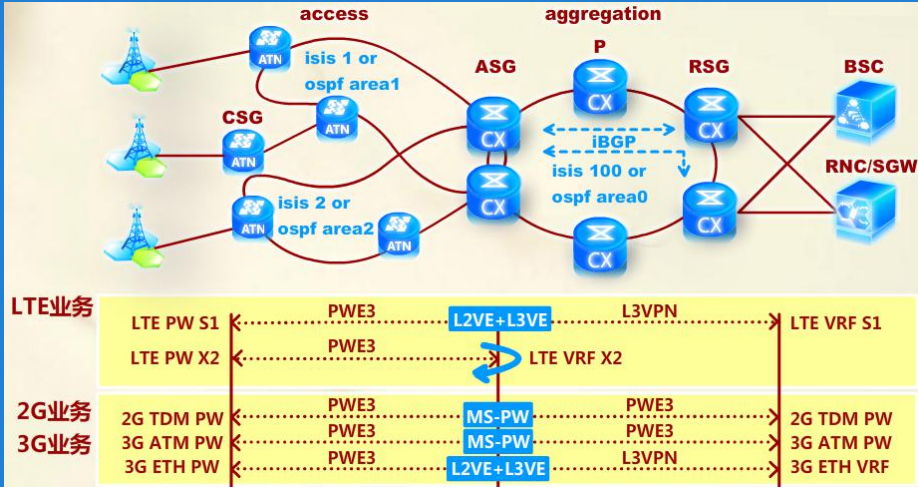


地铁通信系统概览

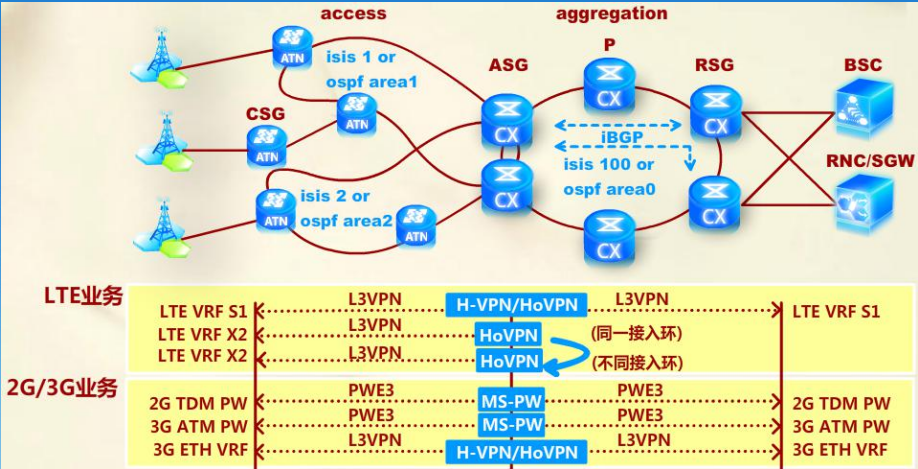


三大运营商典型移动承载方案

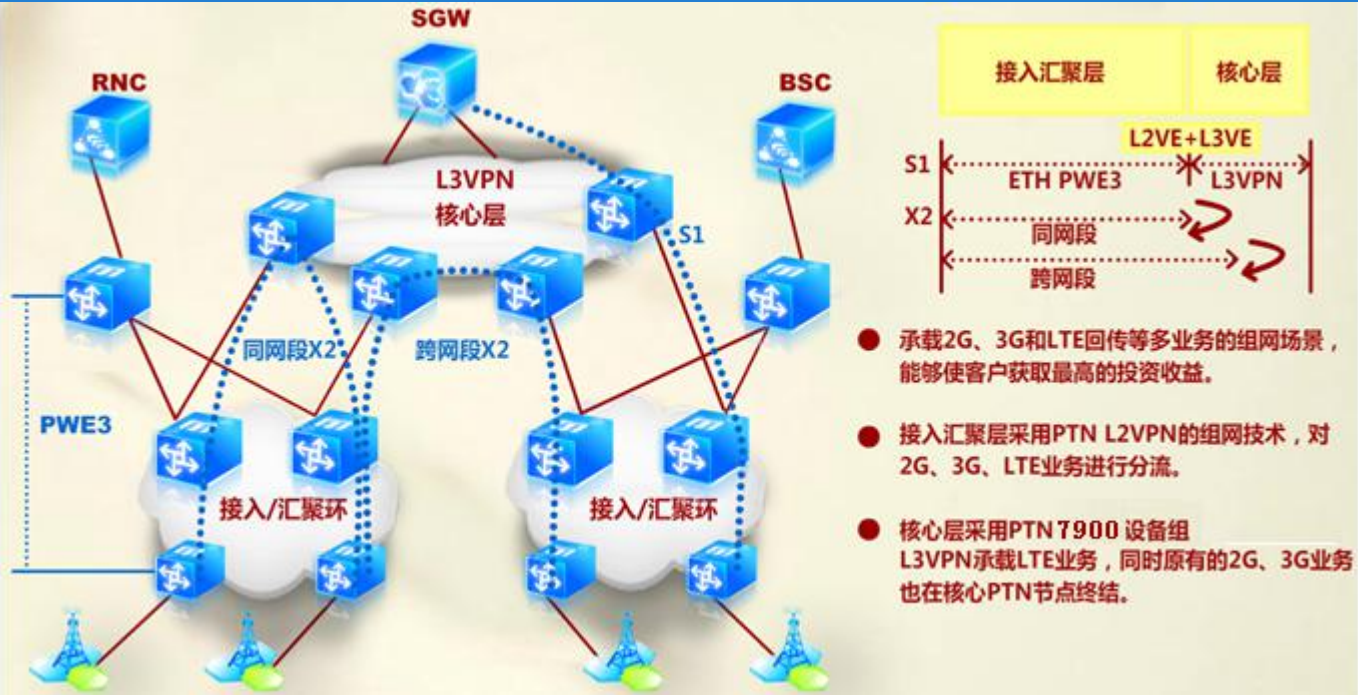
一、Mixed VPN(L2 + L3)



二、HVPN

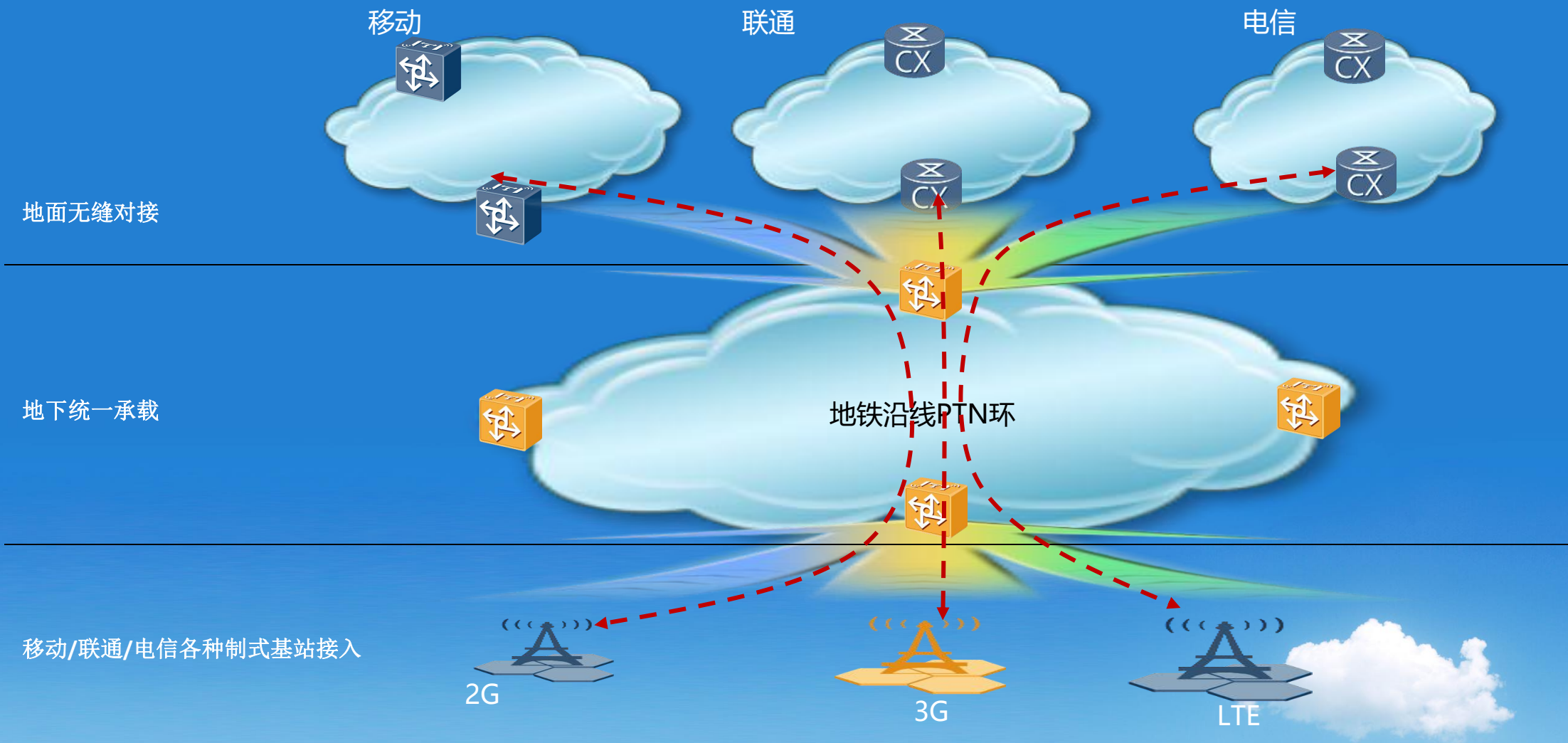


三、PTN



- 承载2G、3G和LTE回传等多业务的组网场景，能够使客户获取最高的投资收益。
- 接入汇聚层采用PTN L2VPN的组网技术，对2G、3G、LTE业务进行分流。
- 核心层采用PTN 7900 设备组L3VPN承载LTE业务，同时原有的2G、3G业务也在核心PTN节点终结。

挑战1：一网统一承载





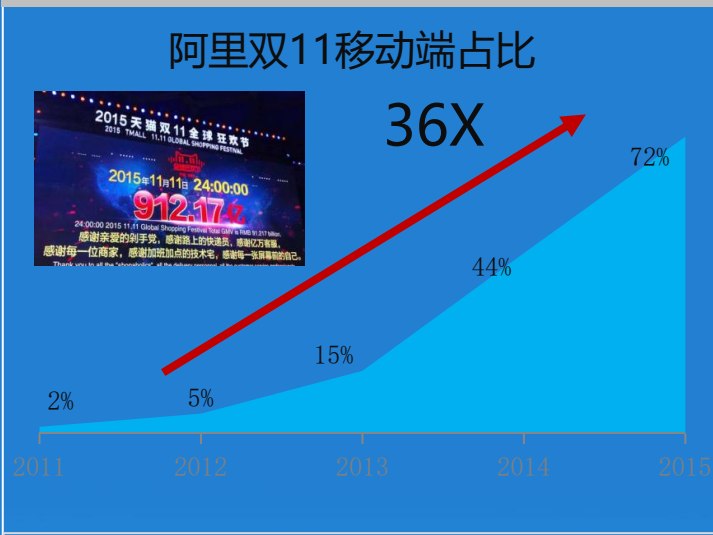
Me

挑战2：大带宽-用户行为与新业务驱动移动流量超10倍增长

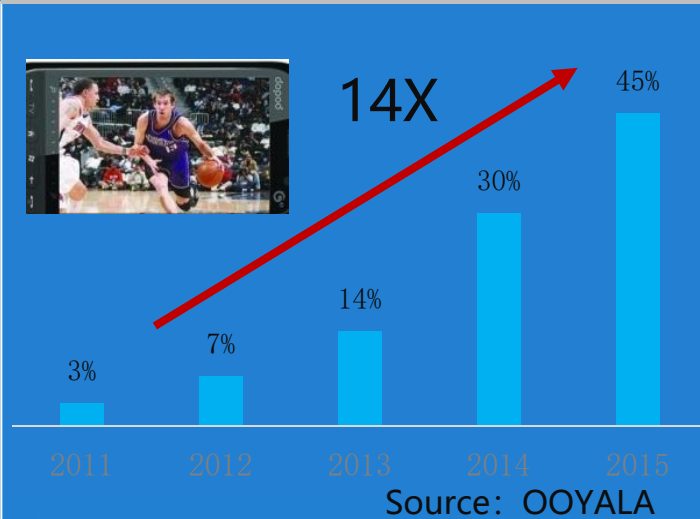
用户

用户行为移动化

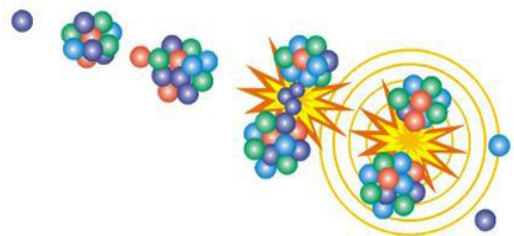
移动支付真正做到移动端支付



视频播放移动端占比提升14倍



分享内容裂变式传播



24小时内点击上亿次

移动流量裂变式增长

应用

新业务移动化

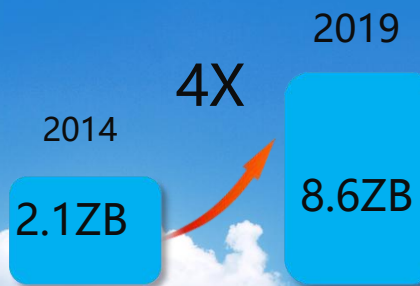
新应用2015推动北京移动流量增长20%



云存储发展带来流量4倍增长



应用云化



Source: Cisco VNI



挑战3：安全、可靠

交换机瘫痪，用户冲击营业厅

- 07年春节某个地区交换机在话务冲击下开始个别局向出现呼叫困难，接着局点情况开始急剧恶化，最终交换机瘫痪6小时，用户无法进行呼叫。

结果：

- 愤怒的用户冲向营业厅，营业厅遭到严重损坏，无法正常营业。
- 业务中断向用户支付巨额赔偿。
- 交换机瘫痪6小时，大量营业收入流失。
- 运营商品牌受到严重影响。
- 春节后大量用户转网流失。

AT&T网络巨慢，iPhone用户期待Verizon

- 一些AT&T和iPhone用户对语音邮件服务延迟很愤怒。他们称，有时一封语音邮件可能延迟数天时间。

结果(用户抱怨)：

- “我经常遇到这种情况。我已经对AT&T长期存在的问题厌倦了，希望iPhone能在不久的将来使用Verizon网络。”
- “AT&T 3G版iPhone语音邮件有时比普通邮件还慢，如果不是AT&T是iPhone在美国的独家合作伙伴的垄断地位，没有人会使用这么糟糕的服务。”
- “该问题从一开始就存在。我在使用iPhone时，获得的语音邮件通常是数天前的邮件，严重影响了我的工作和个人生活。这也是我放弃AT&T、使用Verizon服务的唯一原因。”

网络瘫痪，国家元首也打不通电话

- 08年Ramadan期间、某国某运营商搞了一个促销活动，每人可以获得1小时的免费通话时间。
- 此期间话务量异常高，友商设备瘫痪，全局呼叫受阻，国家元首在关键时刻也无法打通电话。

结果：

- 运营商CTO、移动总监等高管被撤职
- 运营商形象严重受损

暴风门事件，中国互联网大面积中断

- 2009年5月19日，北京暴风科技公司拥有的域名DNSPOD.COM被人恶意大流量攻击，承担DNSPOD.COM网络接入的电信运营商断掉了其网络服务，成为导致整个网络瘫痪的第一个骨牌。
- 上千万安装有暴风影音的电脑不断发起域名解析请求，巨量域名请求堵塞了为这些用户提供服务的各地电信运营商的本地域名服务器，导致多个省份的本地域名服务器出现故障甚至无法提供正常服务

结果：

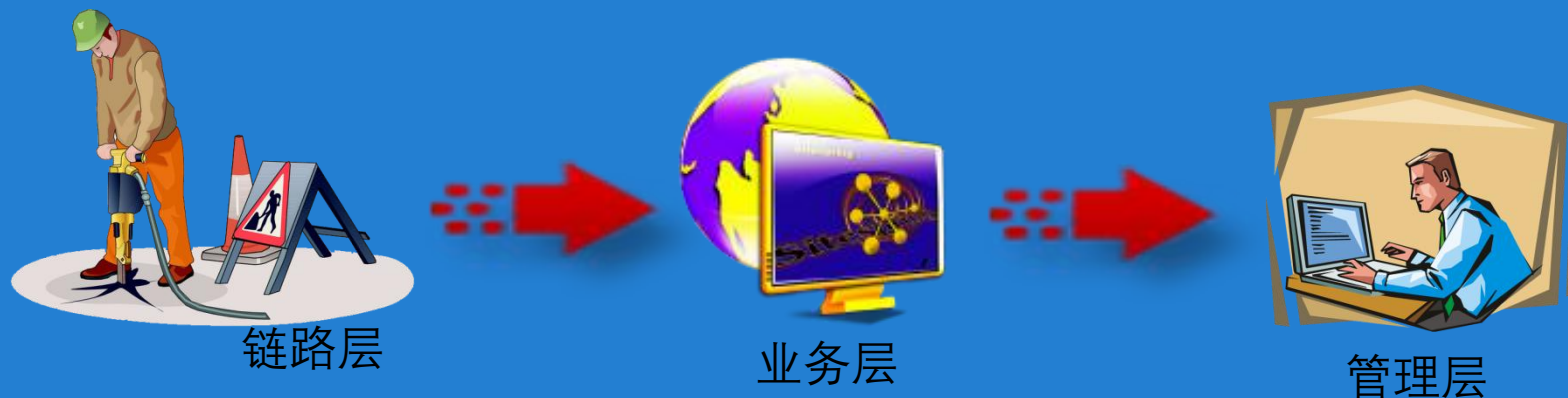
- 5个省市互联网中断达4个多小时，引起用户强烈不满。



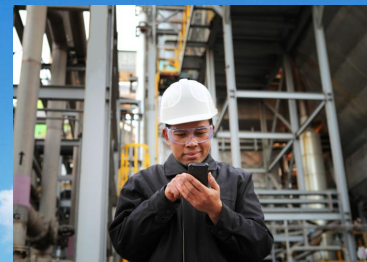
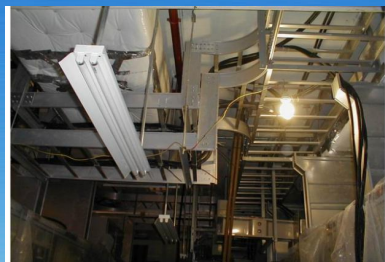
Metro Trans

挑战4：智能运维

为保证网络质量，承载网需要具备端到端的操作、管理和维护(OAM)故障检测机制，需要从业务层面和隧道层面对业务质量和网络质量进行管控。



调测初期，通信系统未上线，无民用信号，需减少进站次数



挑战5：面向未来的演进能力（5G将开创新商业）



1

地铁民用系统网络建设背景及挑战

2

PTN解决方案及亮点

3

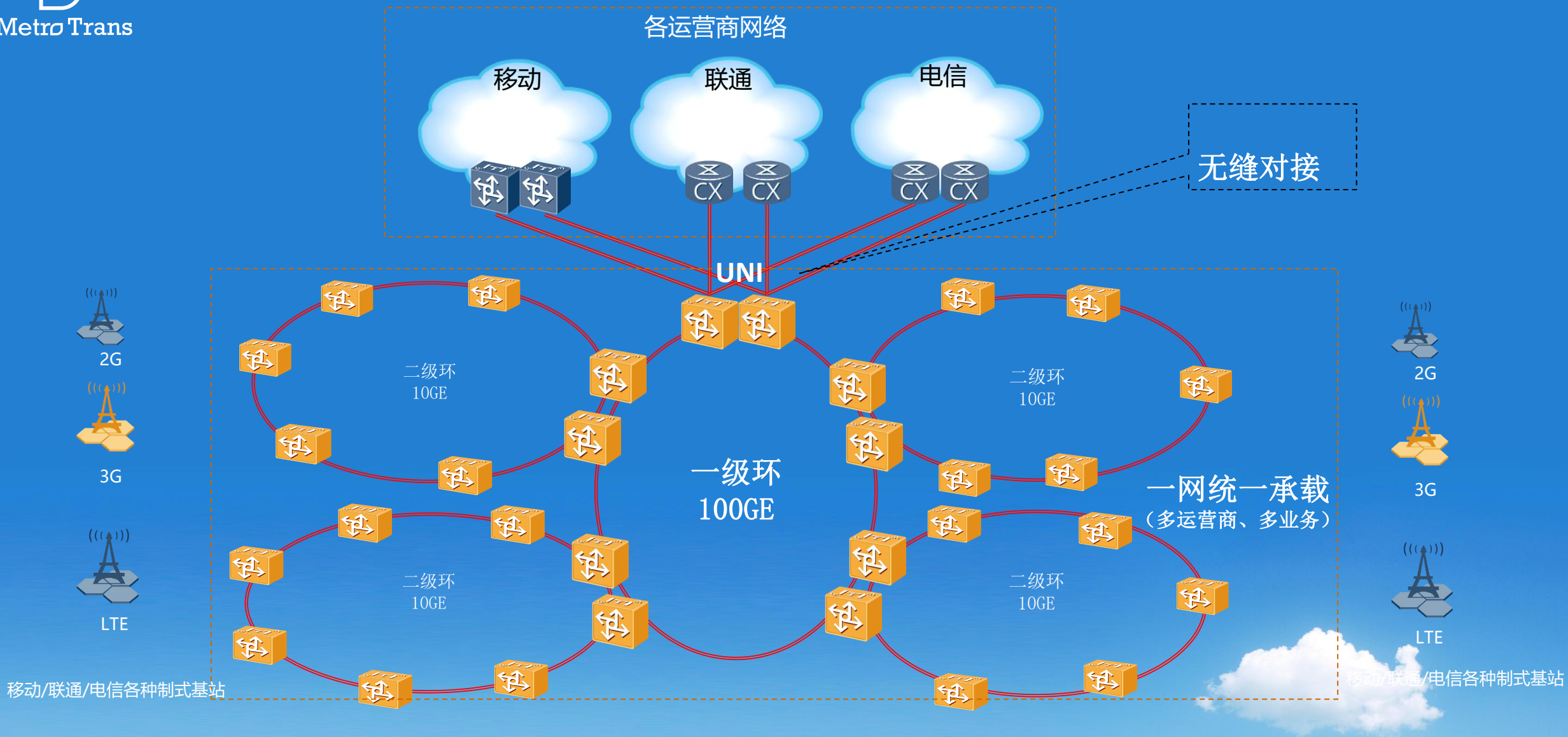
5G实践介绍





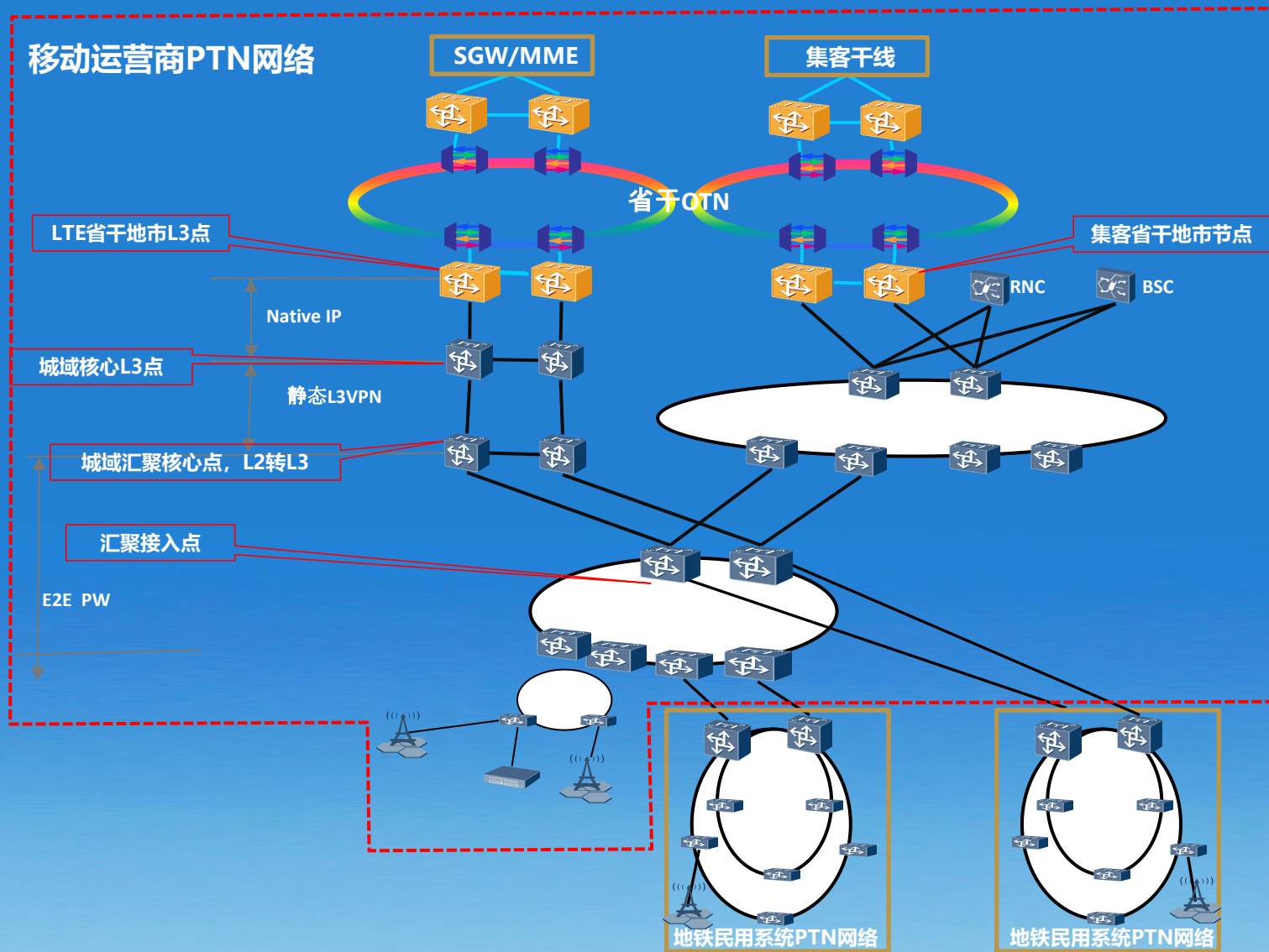
Metro Trans

PTN统一承载网架构





与移动对接方案

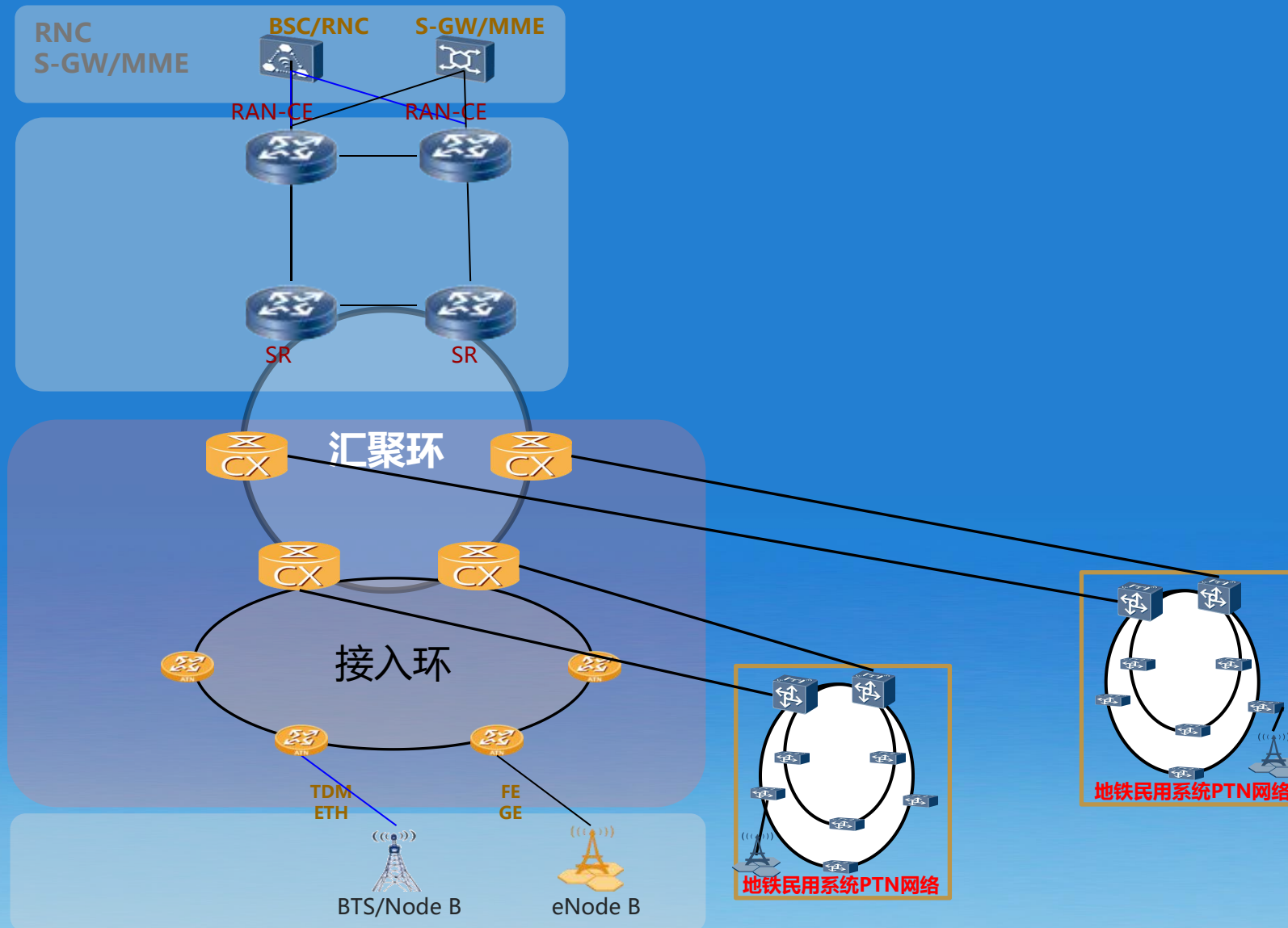


与移动对接

- 1. 对接点:** 地铁中选择有光缆资源的点作为与运营商对接的点; 地铁设备与运营商的汇聚环上的设备对接。
- 2. 对接方式:** 地铁PTN设备以UNI口的方式接入移动PTN汇聚环上的设备。
- 3. 业务划分:** PTN上全部采用2层专线技术。



与电信&联通对接方案



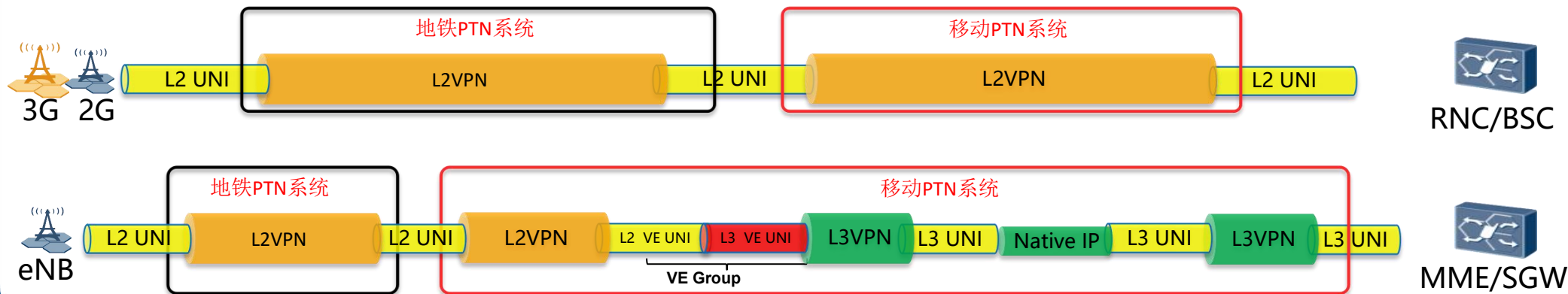
与电信&联通对接

- 1. 对接点:** 地铁中选择有光缆资源的点作为与运营商对接的点; 地铁设备与运营商的汇聚环上的设备对接。
- 2. 对接方式:** 地铁PTN设备以UNI口的方式接入运营商汇聚环上的设备。
- 3. 业务划分:** PTN上全部采用2层专线技术。

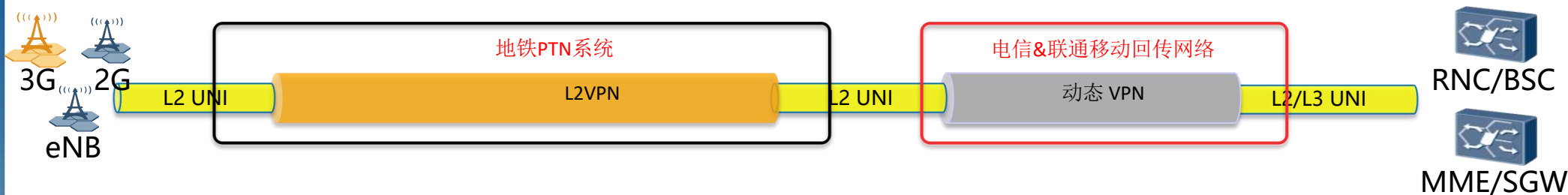


业务承载原理

与移动汇聚节点对接：UNI对接



与联通&电信汇聚节点对接：UNI对接





Metro Trans

超宽管道，匹配业务带宽快速增长需求

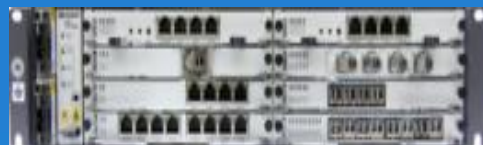
系列化设备满足地铁承载模型及演进需求

骨干传输网PTN支持单端口**200GE**，
单槽位**400GE**能力。

PTN7900-32

PTN7900-24

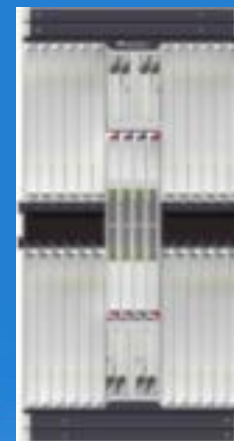
PTN7900-12



PTN 960/970 (120G/50G)



PTN 990 (320G)



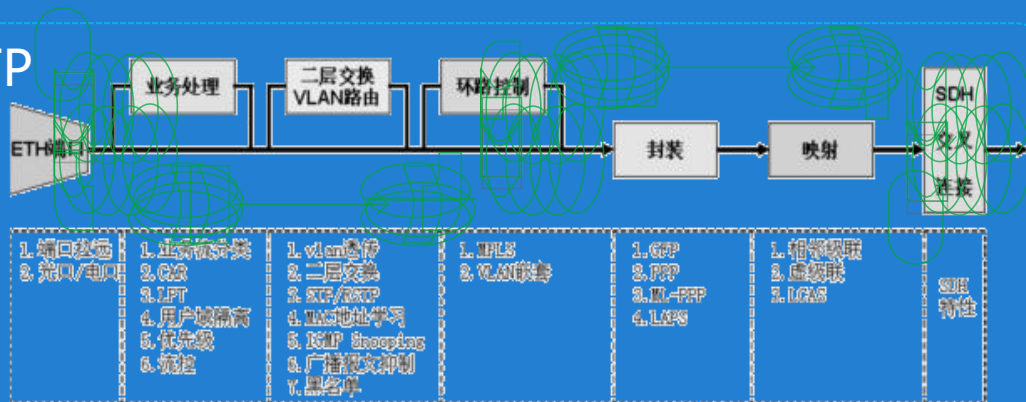
GE/10GE/40GE/50GE/100GE/200GE接口。具备持续演进能力，满足地铁场景需求。



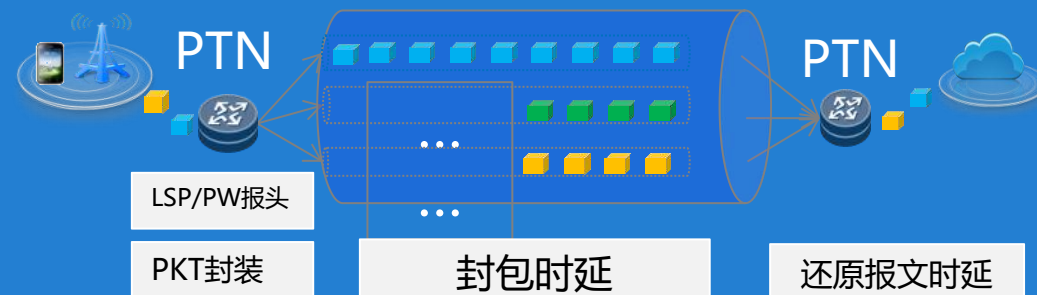
Metro Trans

低时延转发：ETH业务比MSTP技术更胜一筹

MSTP



网络时延原理（需要经过以太网业务->GFP封装-VC映射->VC级联）

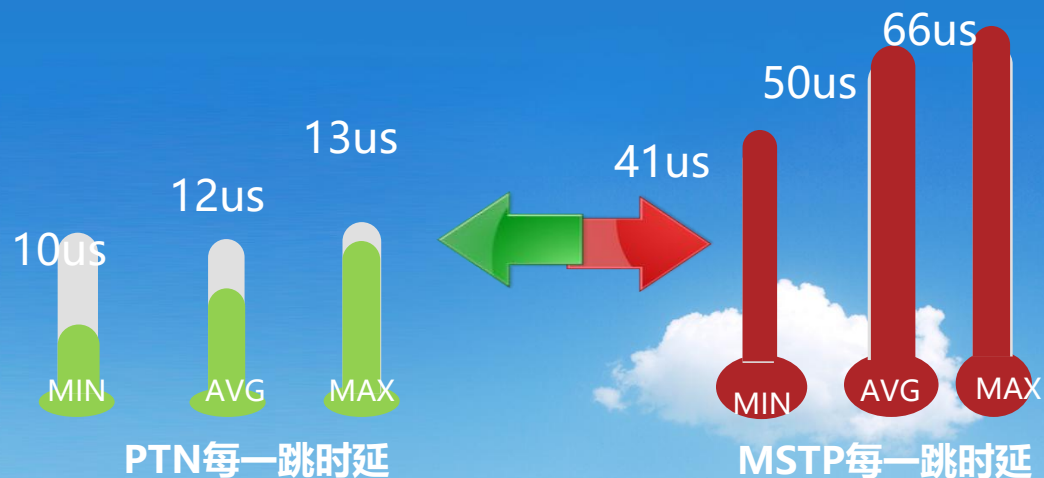


PTN网络时延原理，只需要封装PW和LSP标签

PTN提供更低时延

跳数	Min	Max	Avg
4跳	102	180	132
8跳	140	312	180
每跳	10	13	12

跳数	Min	Max	Avg
5跳	203	333	251
10跳	459	536	478
每跳	41us	66um	50us





低时延技术持续发展

高速大端口

高主频

低时延通路

低时延接口技术

集成芯片，较少中转

802.1 TSN低时延技术

高速路

VIP通道

通票制

- 时延持续降低，基于下一代NP的产品设备单站时延将小于10us，等效于2km光纤

50us级

现网

25us级

2016年

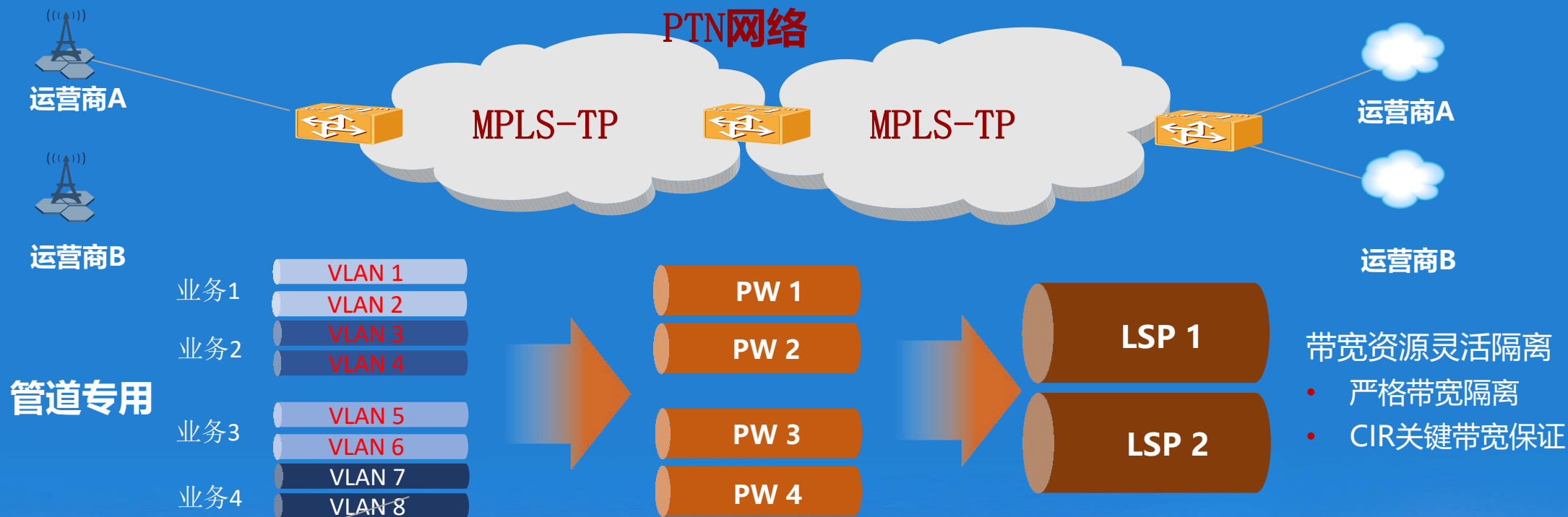
<10us级

2019~2020年

- 2016年9月在广西移动现网实测：端到端4站（100G+10G链路）**单向时延**实测结果：<180us。其中光纤长度>16KM（光纤时延5us/KM），PTN设备单站时延为： $(180-16*5) / 4 = 25us$ ；
- 广西移动现网端到端3站（200G+100G+10G链路）**双向时延**结果：<220us。其中光纤长度>16KM（光纤时延5us/KM），PTN设备单站时延为： $(220-16*5) / 6 = 23.33us$ ；



管道安全：PW业务隔离，带宽资源灵活隔离



- **管道技术：** PTN通过管道技术(Tunnel/PW)，使得各业务流之间完全隔离，避免了不同用户间的干扰或侵入；
- **透明传输：** PTN基于端口或子端口接入业务并做透明传输，不对业务自身包含的协议进行处理，可避免从协议层面发起的攻击；
- **硬件转发：** PTN的业务报文完全由硬件转发，软件不参与，软件层面的故障不会影响业务；
- **独立管理：** PTN采用独立的管理通道，业务报文无法侵入到管理通道中，确保网元管理与业务配置层面的安全。

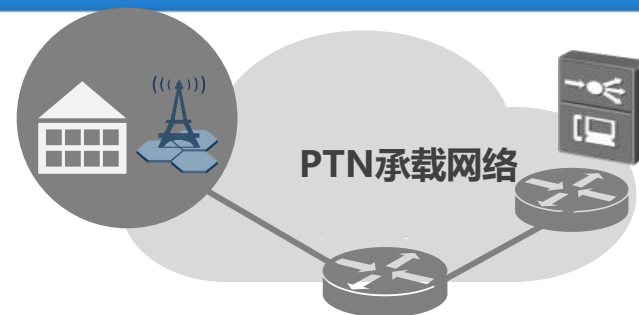


全方位，端到端的可靠性设计

网络

领先、丰富的网络保护方式

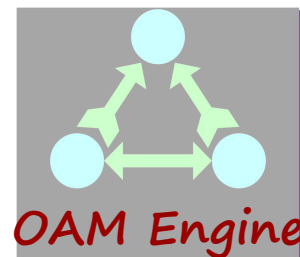
- 硬件OAM，快速保护倒换的基础
- 线性LSP保护，8K条保护同时切换无损
- 环网保护，抗多点失效
- 双节点，误码倒换



设备

设备关键部件1+1保护，无单点故障

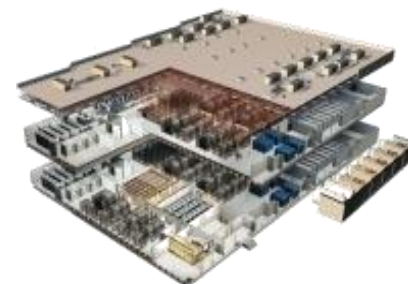
- 主控/交换/时钟/电源/风扇1+1热备
- 单板电源1: N集中保护



平台

定制硬件，专属生产线保证

- 生产环节层层加固
- 故障率降低80%
- 在网时长增加20%



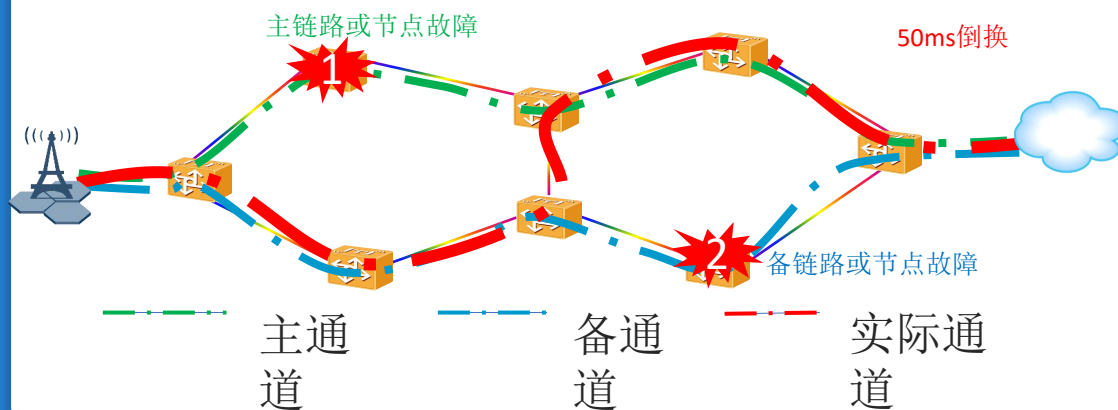
全方位可靠性设计



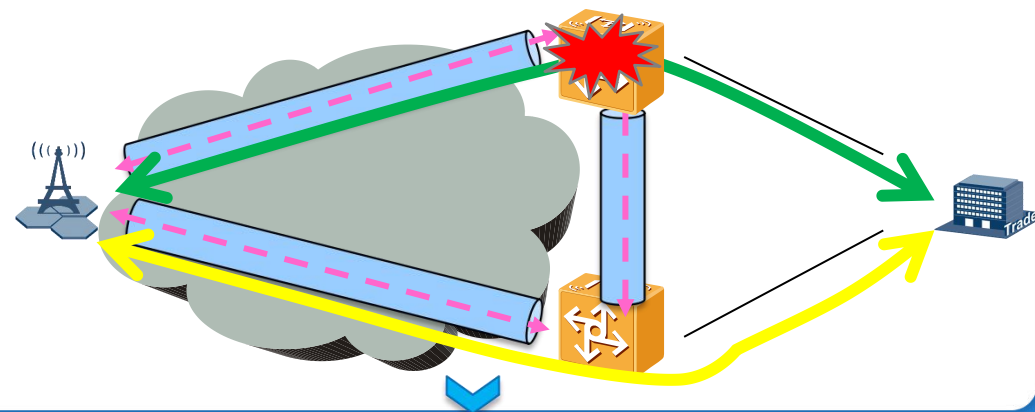
Metro Trans

全方位电信级保护，保护方案更全 & 可靠性更高

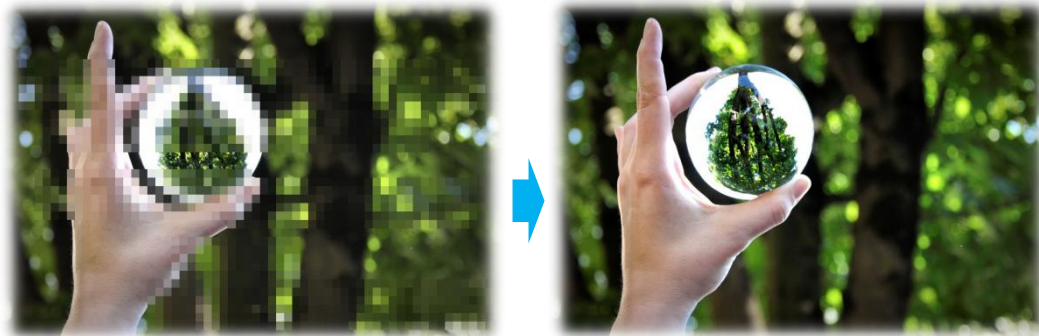
MPLS-TP环网，路径可达业务就不中断



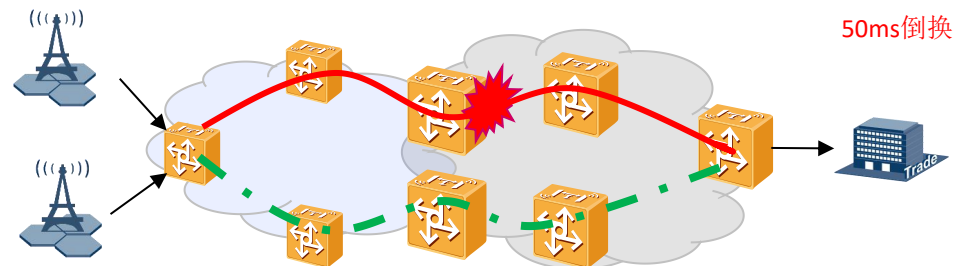
高性能双归保护，保障落地节点故障



误码倒换，有效应对链路质量劣化



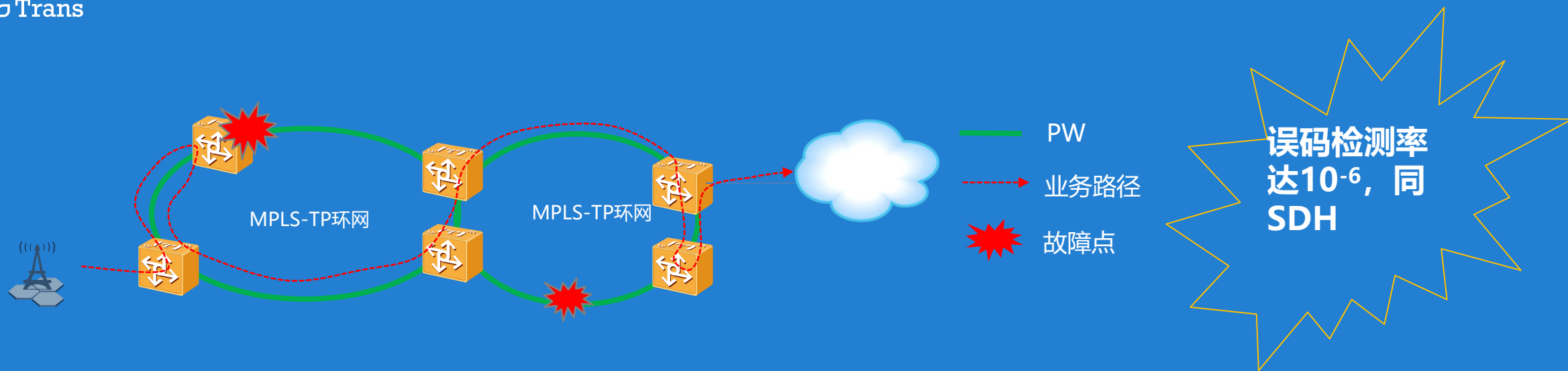
1:1 APS保护，更高性能





Metro Trans

MPLS-TP多场景保护，保证分组网健壮性



1

抗多种失效

环网链路、节点故障：触发WRAPPING倒换，50ms
接入侧链路故障：LAG倒换，备用链路工作

3

故障隔离

只在环内倒换，不影响业务路径其他区段

2

组网简单高效

- 1、单环64节点，克服传统复用段16个节点的限制
- 2、保护基于环，易于配置

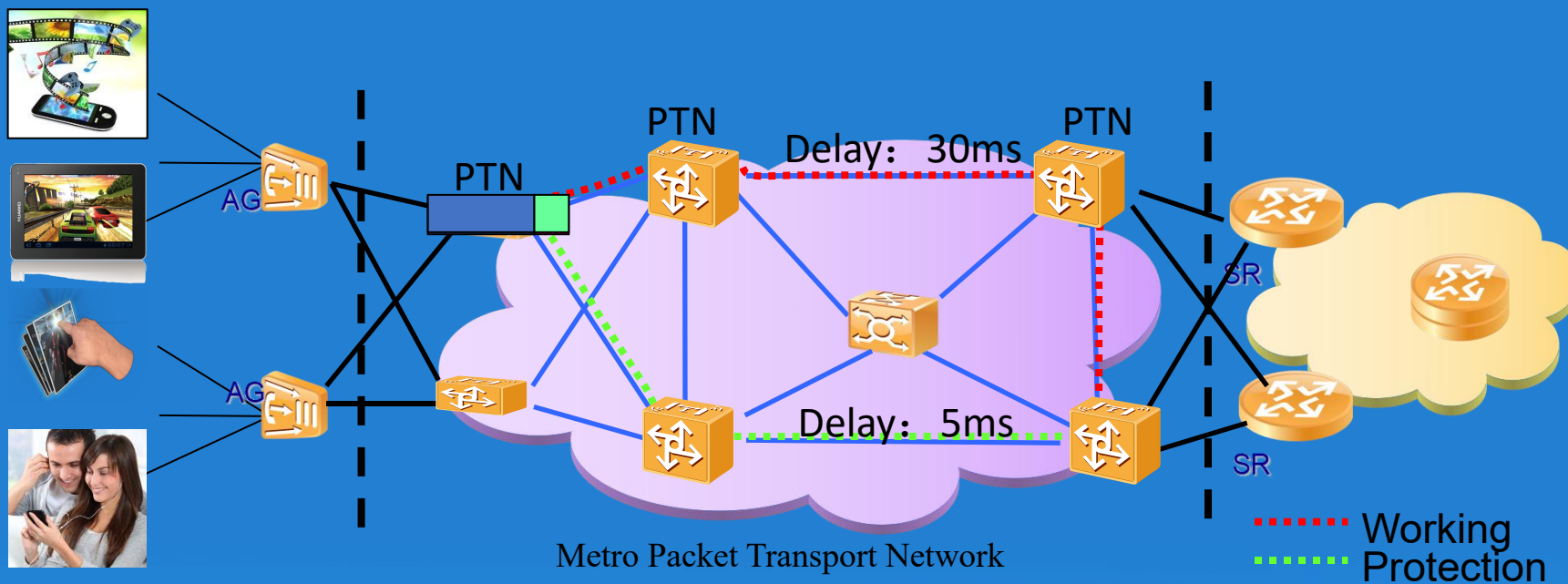
4

检测精度高

TP环网倒换由线路侧检测机制触发，以太业务实现SDH级别的检测精度和倒换，倒换时间<50ms



针对时延敏感类业务的：时延倒换



- 场景：针对时延敏感类业务，可以部署时延保护倒换；
- 效果：在网络拥塞或其它原因导致工作路径的报文时延/抖动过大时，时延保护倒换功能能够自动将业务倒换到时延/抖动更低的保护路径上；
- 原理：基于MPLS-TP的DM(时延检测)功能，做时延/抖动的检测，其结果做为保护倒换的触发条件；



Metro Trans

E2E智能部署，业务质量7*24H可视可管

即插即用，设备部署无忧



- 设备**即插即用**，上电走人
- 0 干预，网元**智能发现**、**自动上线**
- 设备远程验收 (Y.1564) ，**无需进站和租用仪表**

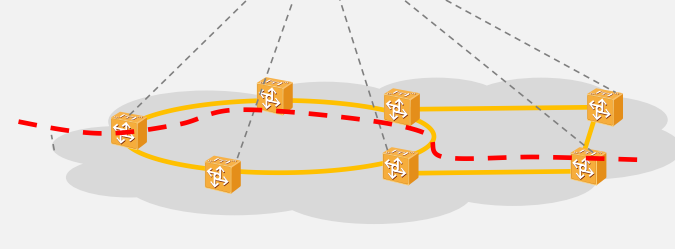
智能开通，质量尽在掌握

IP地址/业务标签自动配置



业务质量7*24小时可视可管

	时延	丢包率	带宽利用	路由
北京CR1-广州CR1	255	0.55	65%	A-B-D
北京CR1-上海CR1	150	0.01	35%	A-B-E
北京CR1-武汉CR1	100	0	10%	A-B-E



- **网络免规划**，网络侧端口IP地址、业务标签智能分配
- **业务路由自动计算**，配置一条业务仅需3分钟
- **业务质量可视可管**，业界领先组件7*24小时实时监测网络质量



Metro Trans

一站式故障诊断，从“手工”到“自动”

0技能

基于经验库，人工变自动

① 专家经验库

积累全球40+运营商网络故障案例
涵盖现网92%的典型故障模型

1站式

基于业务，通断+性能劣化

② 自动逐层检测

可能故障层次分层扫描
清晰显示检测结果

15分钟

最复杂性能故障15分钟以内

③ 检测报告及处理措施





流量建模预测：准确评估承载网，支撑LTE业务规模上线

流量建模

A区域流量分析



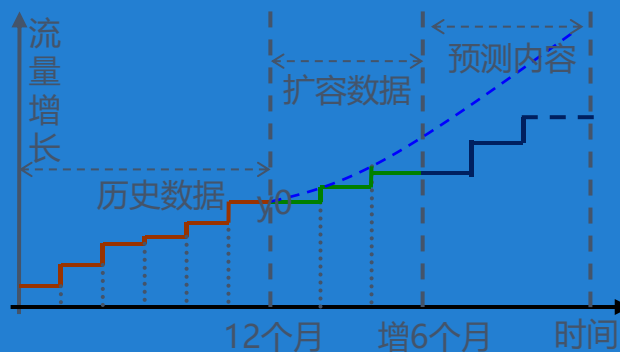
A区域流量高峰期开始于中午12点，持续到晚间12点之后，闲时值流量持续时间较长

火车站区域流量分析

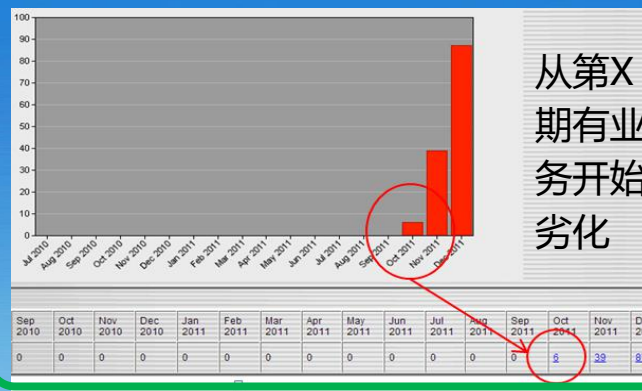


B区域流量高峰期开始于早上8点，持续到晚间11点，峰值流量约闲时2倍多

精准预测



- 基于流量历史数据，准确预测流量增长
- 精准预测核心算法



滚动规划，按需演进



- 基于客户业务规划，确定合理演进节奏
- 以商业驱动为导向，兼顾短期和长期收益



Metro Trans

流量快照发现网络微拥塞，精准预测指导优化与扩容

单基站分钟级监控，均值流量较小，无法暴露问题



实际秒级峰值流量最高达到90Mbps，带来偶发丢包



秒级流量检测发现网络微拥塞

分钟

秒

检测周期缩至秒级
还原真实流量



上传大数据分析平台
计算检测周期指标

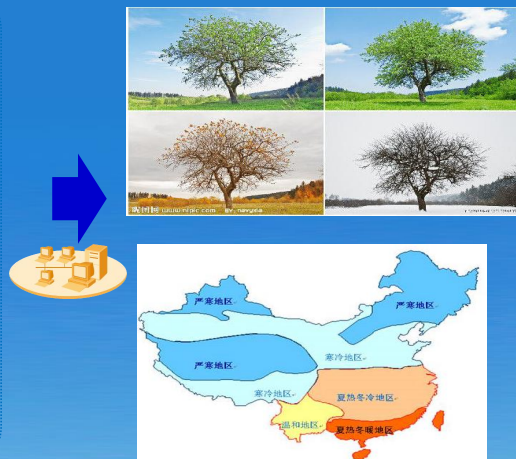


硬件芯片NP采集数据
不消耗CPU资源



图形化显示流量趋势
直观体现真实流量

多维度精准预测网络流量及趋势



指导网络优化与扩容

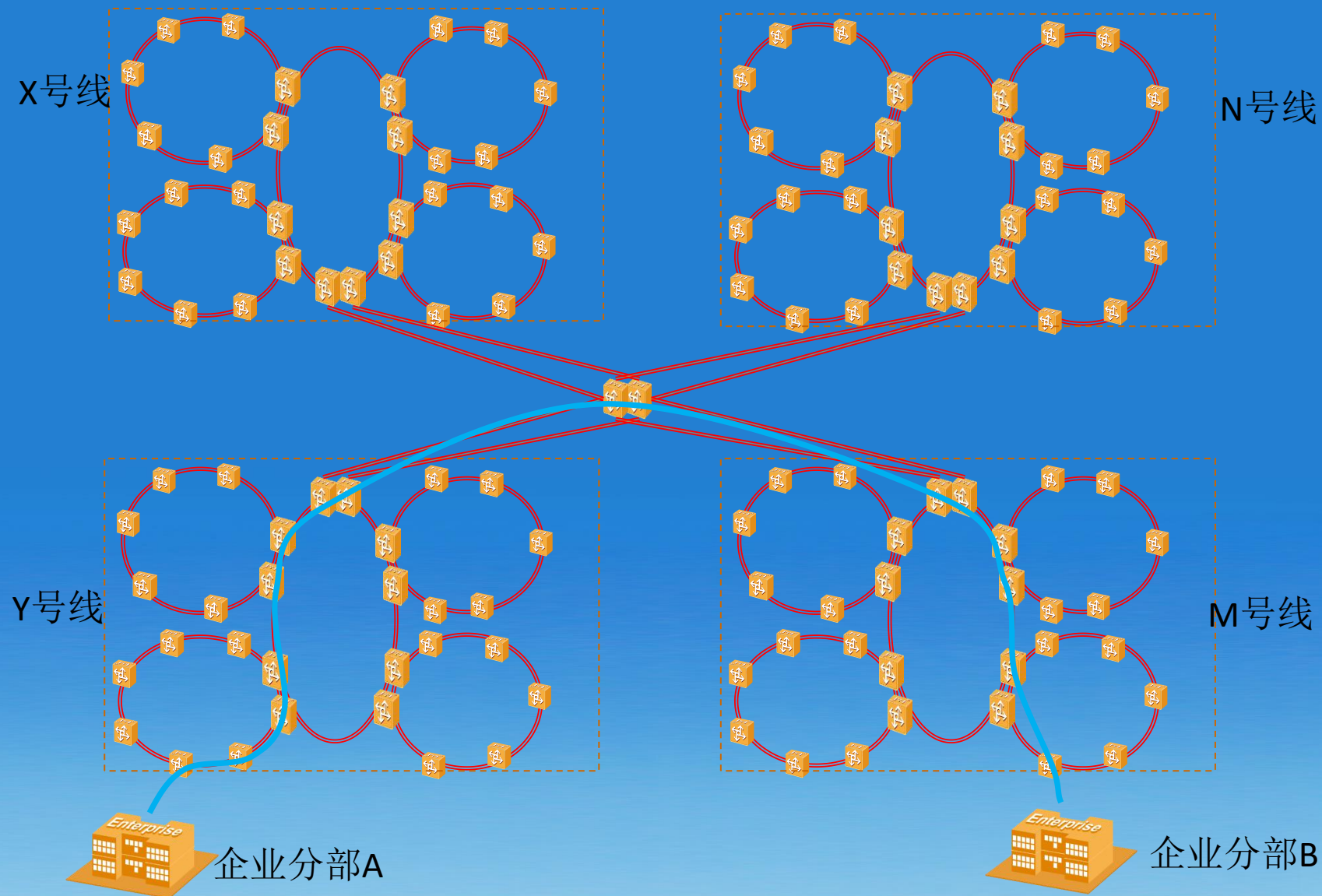


基于硬件秒级检测，现网真实流量看得准，精准预测助力网络主动优化和扩容。



Metro Trans

多条线路互通 (开展增值业务)



增值业务

- 1. 设备：** PTN具有足够的业务板槽位和接口承载增值业务。（在后期业务超多时，也可以增加设备）
- 2. 组网：** 在数据中心位置建设汇聚设备，各线路通过光纤直接汇聚至数据中心
- 3. 业务：** 任何线路的任何车站之间可以开展增值业务

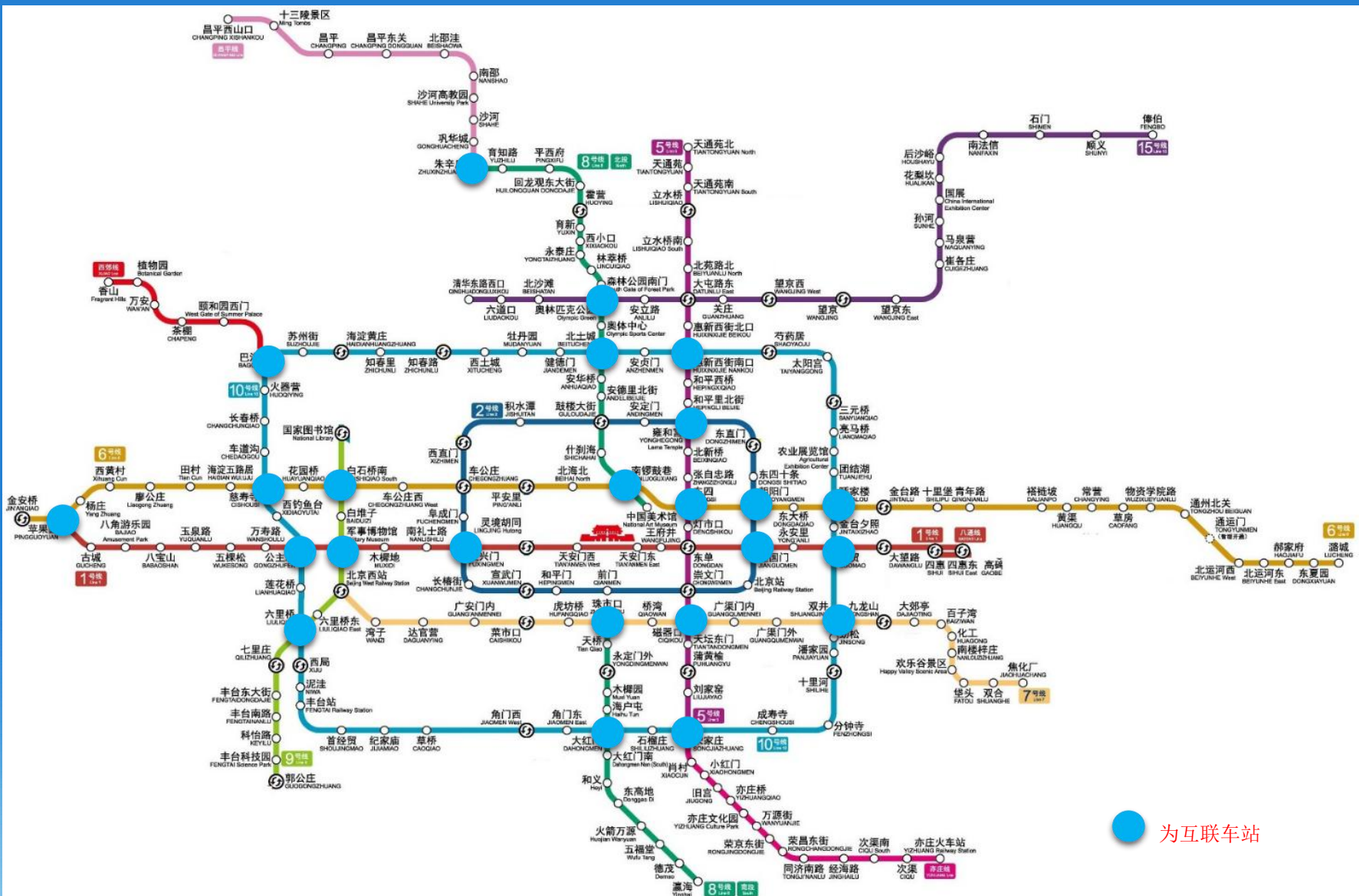


北京轨道线路光网互通

Metro Trans

- 目前，已实现北京地铁1号线、2号线、5号线、6号线、7号线、8号线、9号线、10号线、15号线、亦庄线、昌平线北段、西郊线共计12条线路、257座车站间的民用光缆互联互通

- 共有25座换乘车站敷设有互联互通光缆



1

地铁民用系统网络建设背景及挑战

2

PTN解决方案及亮点

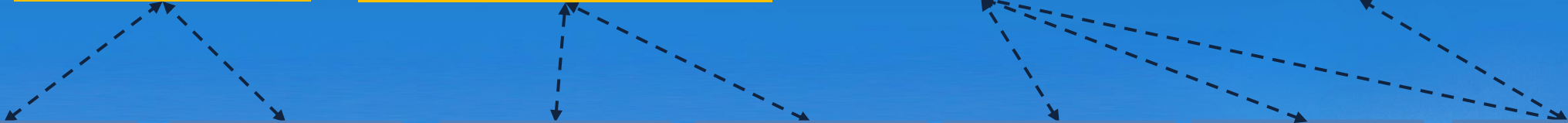
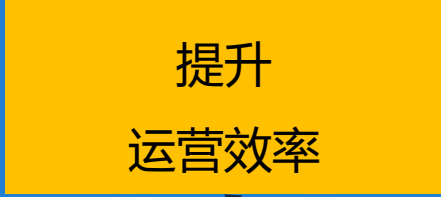
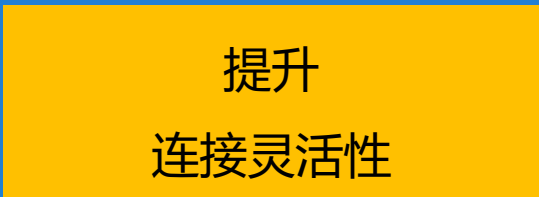
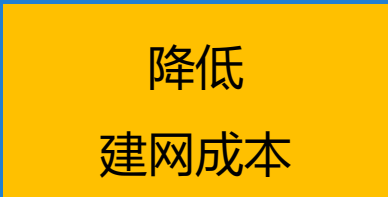
3

5G实践介绍

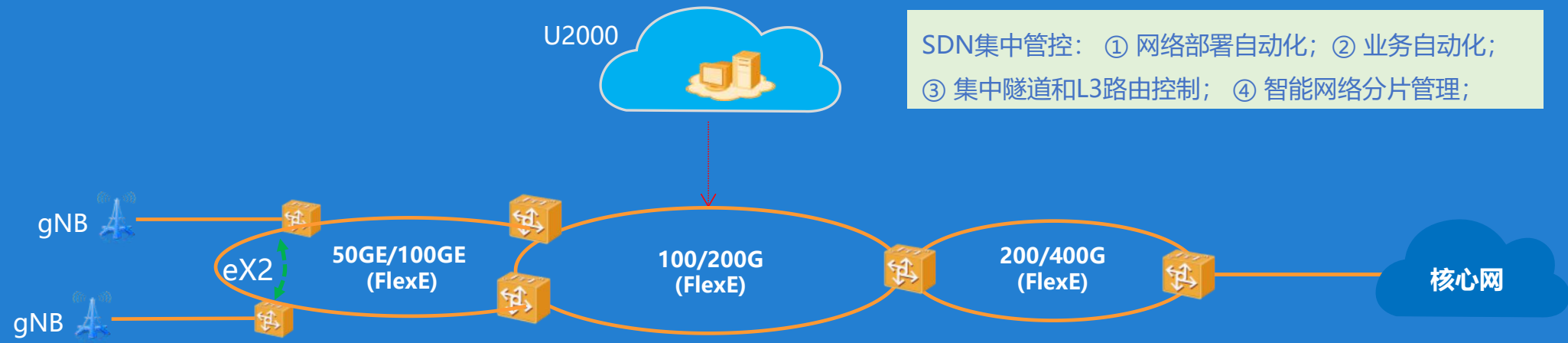


Metro Trans

5G时代承载网的关键挑战



SPTN 5G承载解决方案



SDN集中管控：① 网络部署自动化；② 业务自动化；
③ 集中隧道和L3路由控制；④ 智能网络切片管理；

VPN部署	S1	SDN Based L3VPN	
	eX2	SDN Based L3VPN	SDN Based L3VPN
隧道部署	S1	SRTP-TE	
	eX2	SRTP-BE	SRTP-BE
组网技术		FlexE	
物理层组网		50GE/100GE	100GE/200GE/400GE

- ① L3VPN灵活调度，实现智能到边缘
- ② SRTP隧道，支持面向连接、无连接业务
- ③ 轻量化路由协议增强网络智能
- ④ FlexE灵活切片，端到端硬管道
- ⑤ 高性价比灰光组网

核心理念：
1、SDN智能集中控制，L3到边缘；2、管道化运维的电信级OAM和保护；3、最优性价比的以太灰光；4、硬隔离、低时延的FlexE交叉

新机场传输系统组网方式



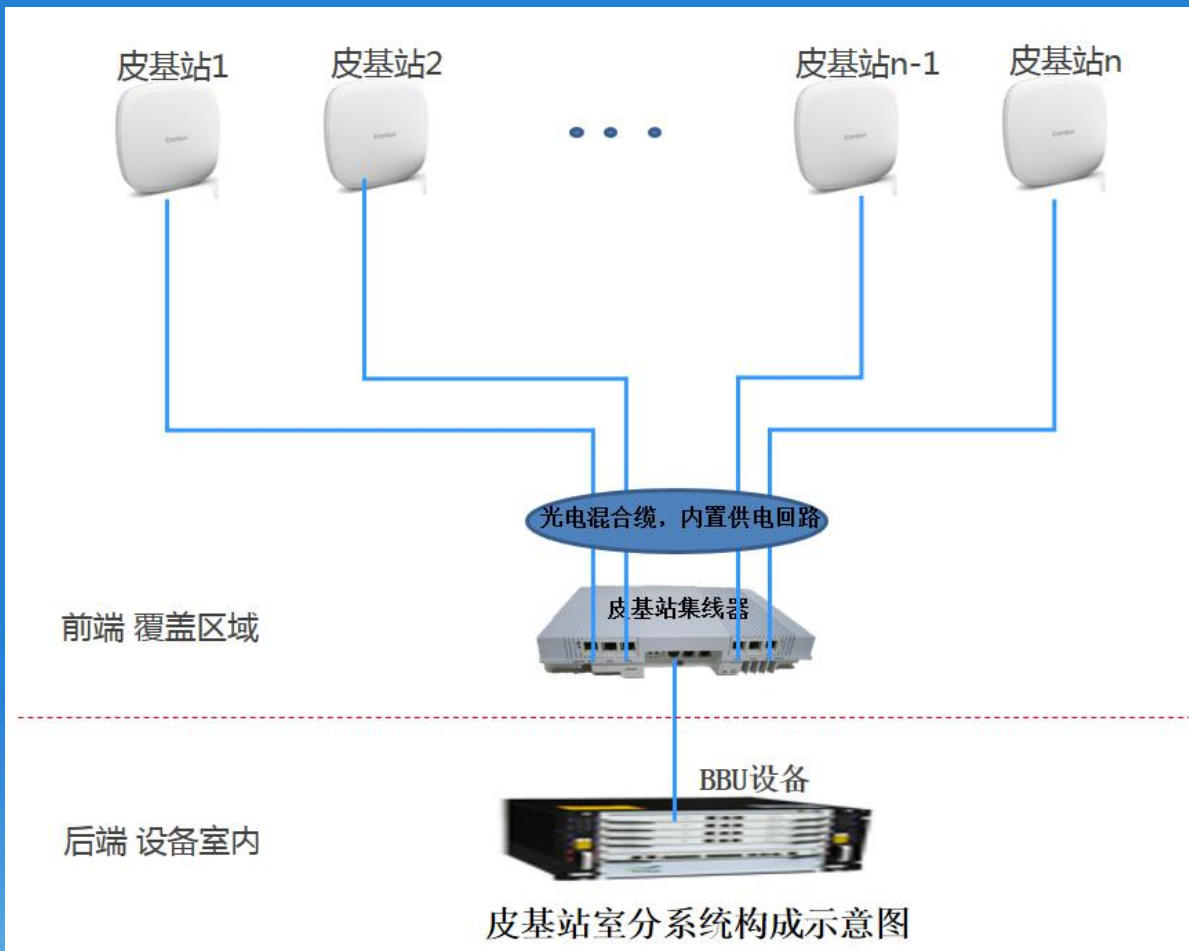
采用双环路保护，主备路倒切的方式组网，保证所有业务24小时不中断。



Metro Trans

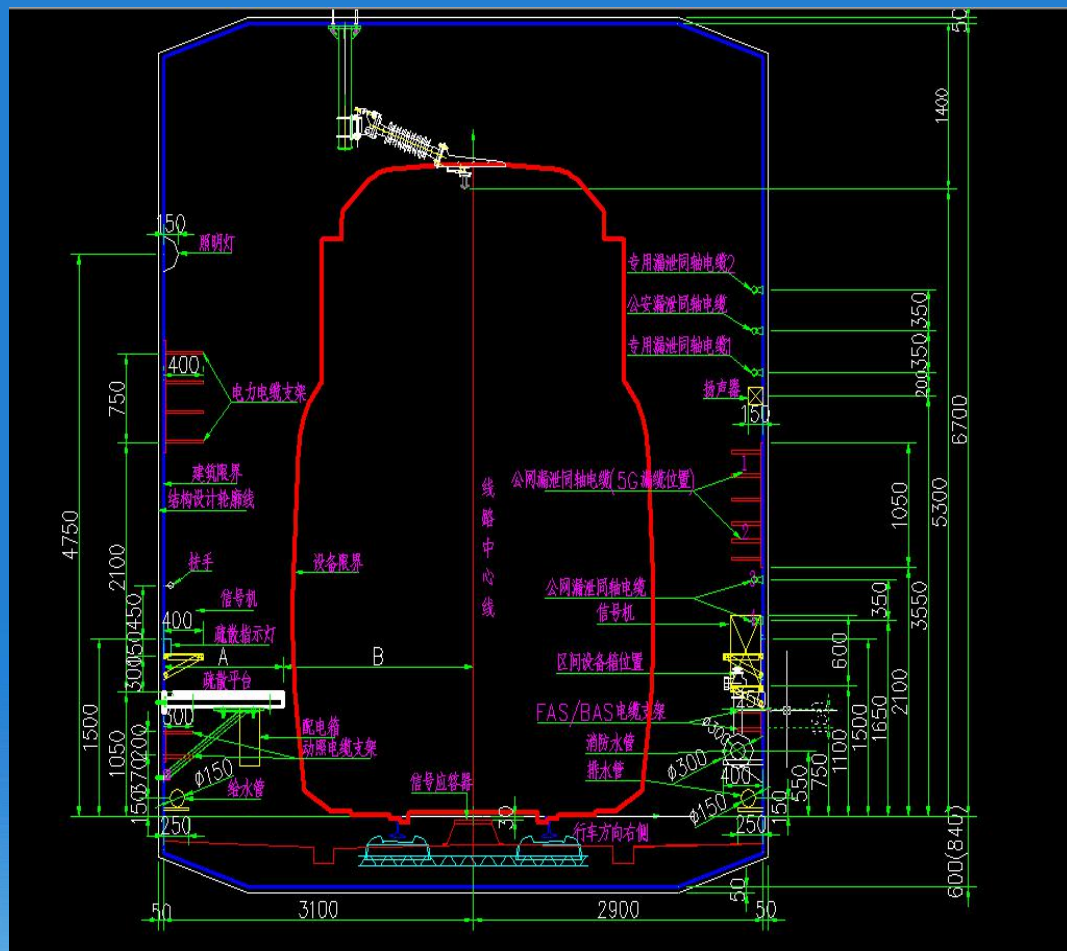
地铁新机场线5G无线系统建设现状

站厅、站台设备



运营商采用新型的室内PRRU设备，可承载
900MHZ/1800MHZ/2600MHZ/3500MHZ，单小区组网的下载
峰值可达1.1GB/S,并支持更多用户同时接入。

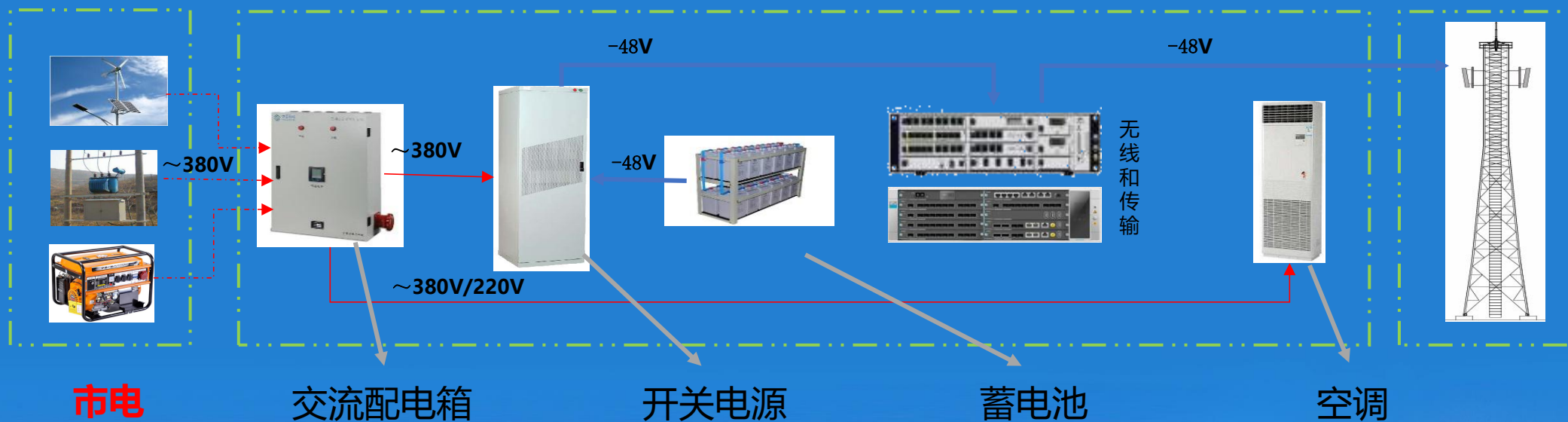
隧道漏缆



在隧道挂壁托架上新增3条漏缆，用于承载三家运营商的5G网络频段，现阶段经测试单一小区下载峰值约为550M/S。



5G系统用电量对机房的影响



- ◆ 目前5G试点设备单系统功耗为4G单系统功耗的**2.5 ~ 4倍**，对电源设备及配套设施影响较大，需要新增独立配电柜，保证用电负载均衡。
- ◆ 存量机房基站中**市电、配电设备和蓄电池容量不足**，**机房蓄电池安装空间紧张**的问题较为突出，需要为5G设备新增机柜或建设迷你化机房。



5G高性价比大带宽，演进无忧

- 400GE/200GE/50GE高性价比大端口，100GE/40GE/10GE/GE/FE/STM-1/E1全系列接口
- 4*100GE/2*100GE/1*100GE同等速率多种选择
- 4*50GE/2*50GE, 16*10GE, 24*GE, 高密度单板

T级商用平台，未来平滑演进2T级，构筑5G超宽管道

5G-Ready架构，演进无忧

- FlexE：网络分片，一网多用
- L3/SR：业务灵活连接，隧道部署简单
- 超低时延：FlexE交叉，单跳时延低至15us

现网利旧，兼容性更强，前期投资价值最大化

灵活配电，低噪节能

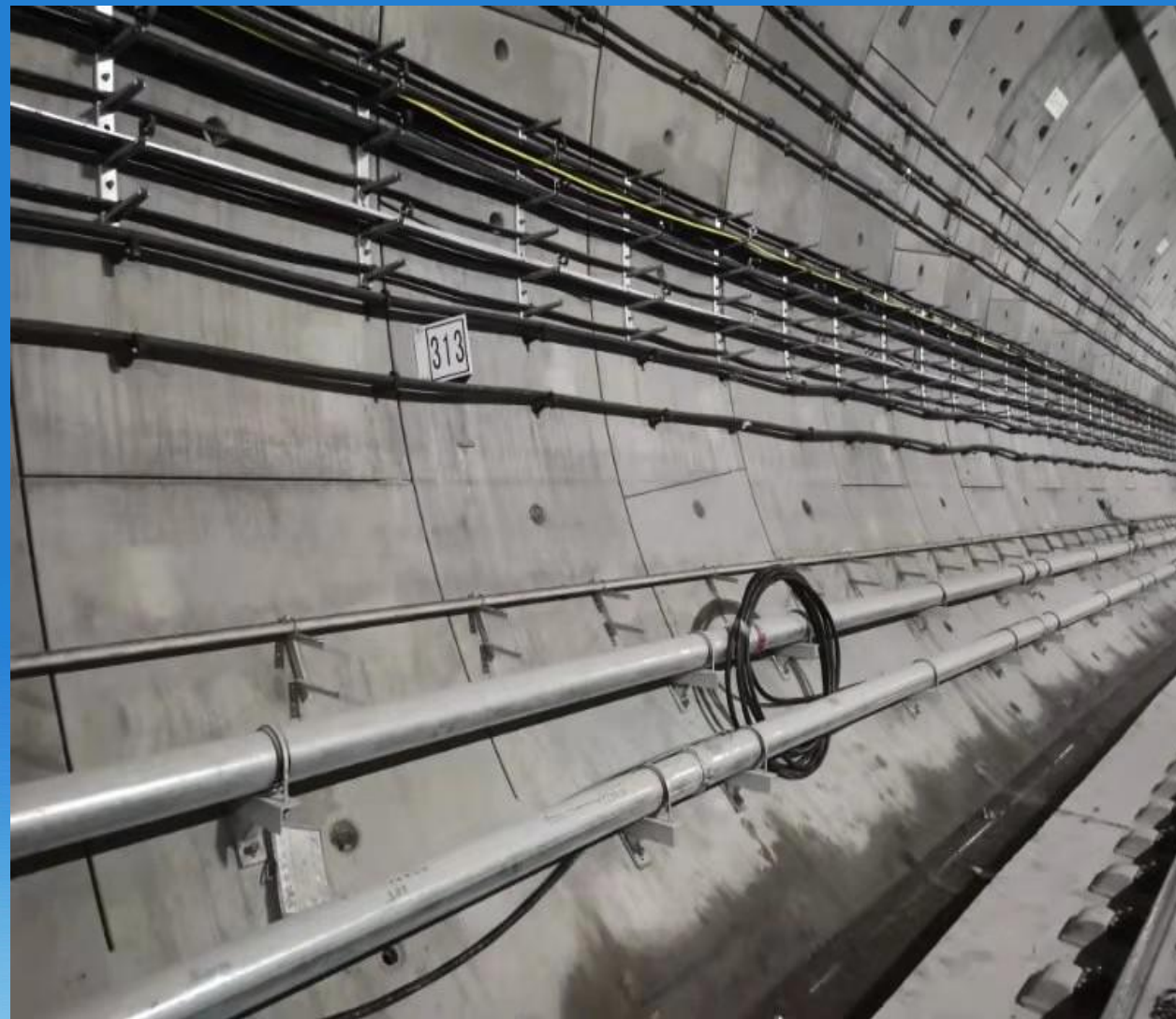
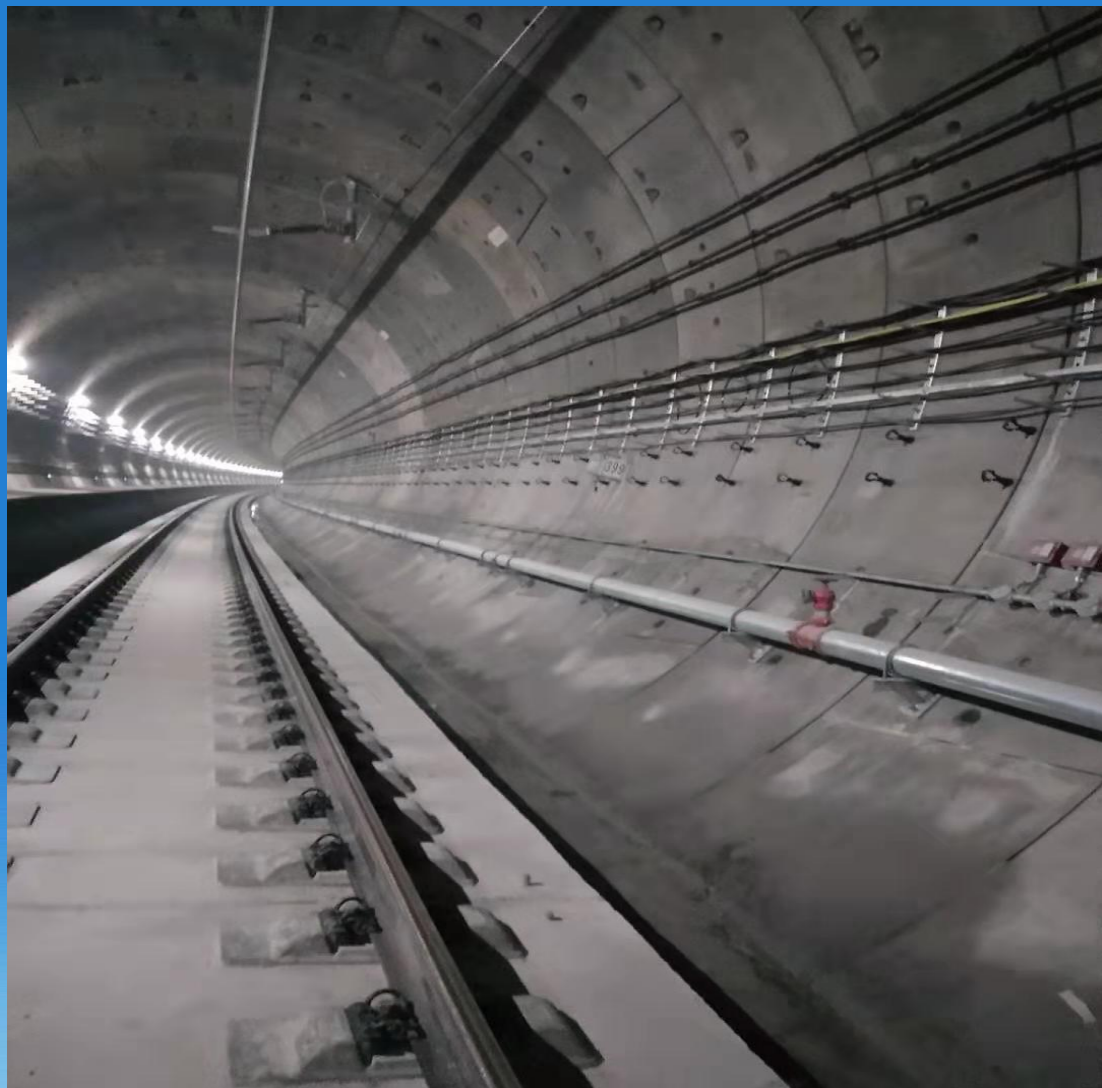
- 灵活配电：机房供电环境灵活适配
- 双层风扇：散热效率高，可靠性高

只能调速，多维度优化，散热能力提升25%，支持1T/槽
分区供电，按需取用，避免供电碎片，提升供电利用效率



Metro Trans

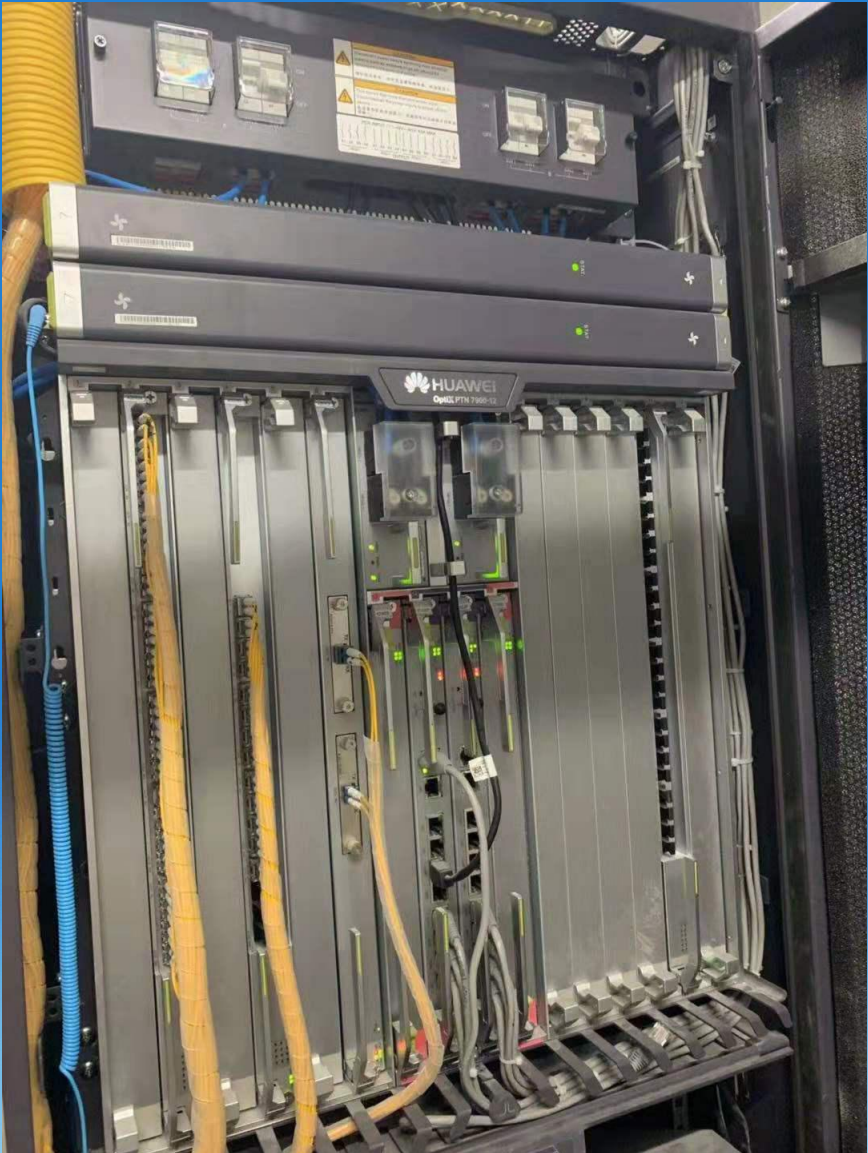
新机场隧道





Metro Trans

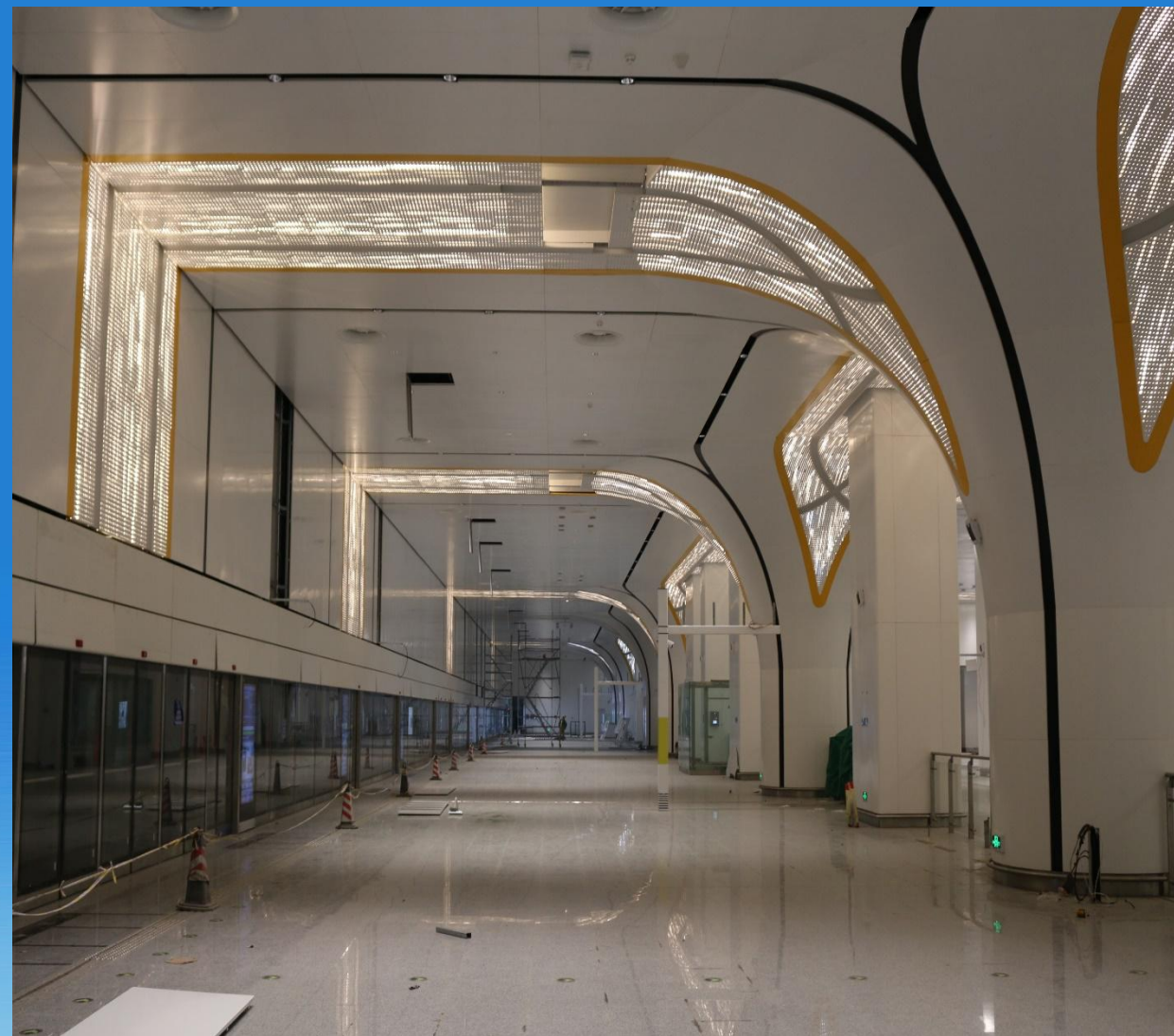
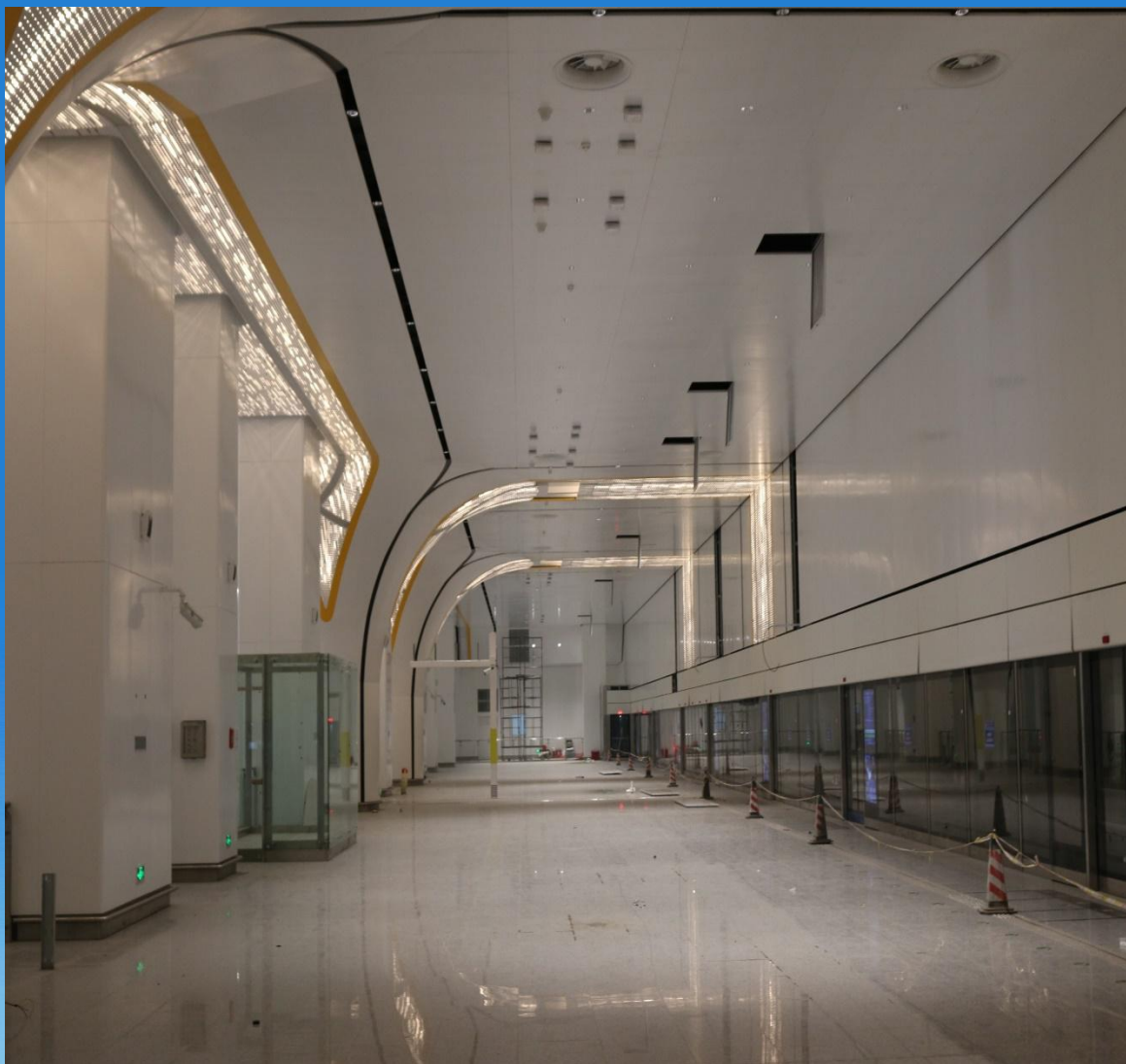
新机场机房





Metro Trans

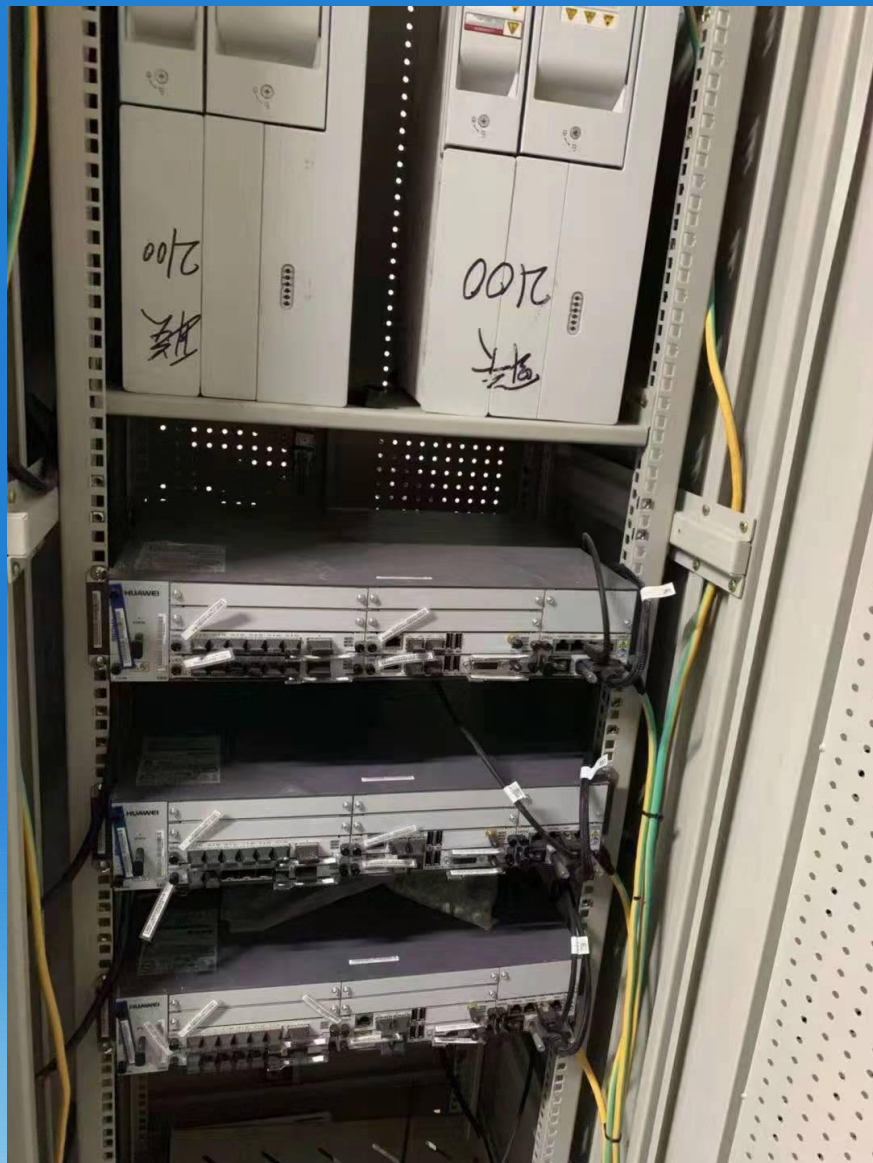
新机场站台





Metro Trans

新型无线设备





Metro Trans

谢谢！
THANKS！

