

通信网络智能化探索及应用

中国移动研究院人工智能与智慧运营中心 朱琳

2023年09月

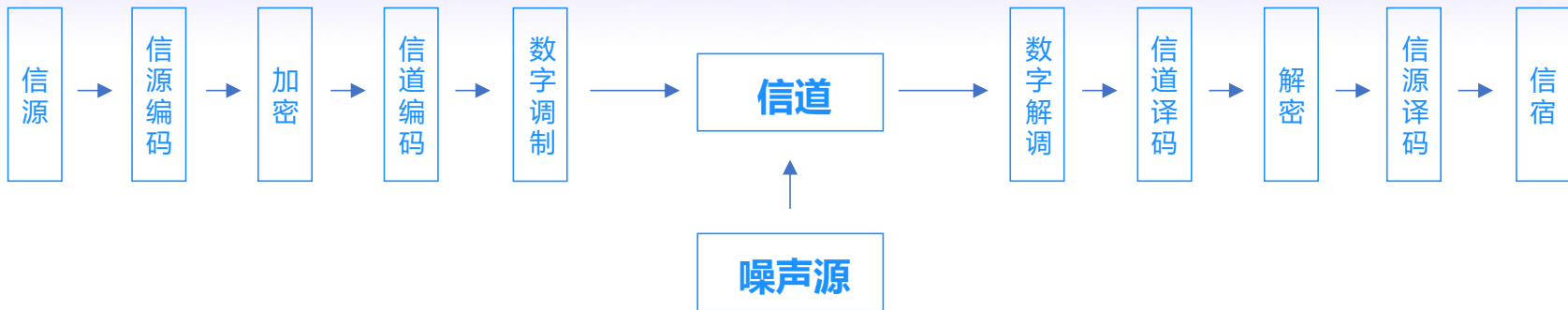


1 通信网络特点

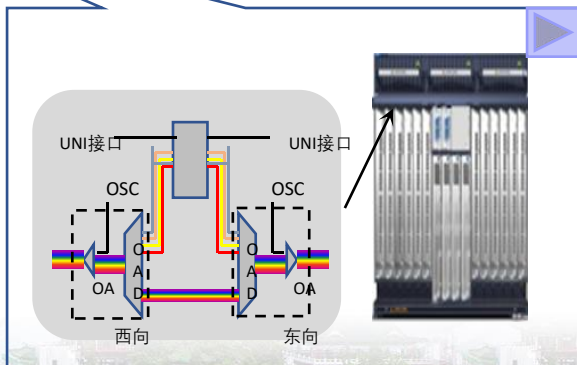
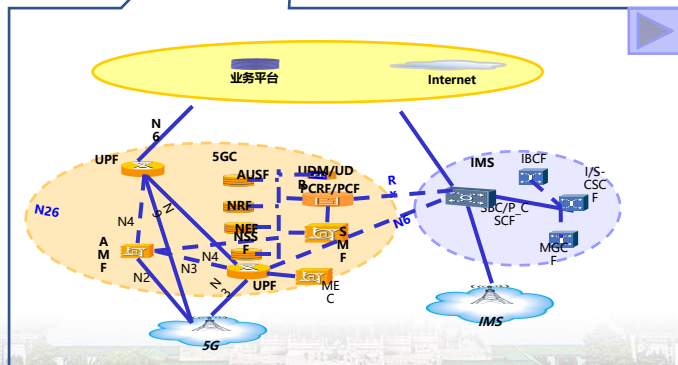
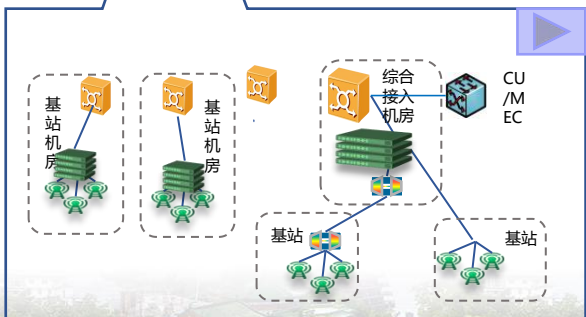
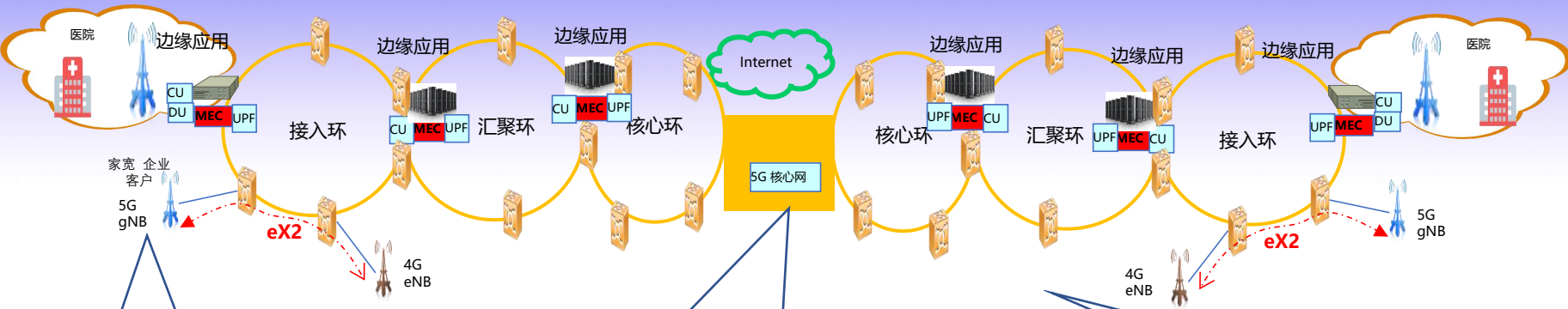
2 通信网络智能化定义及核心

3 中国移动网络智能化实践

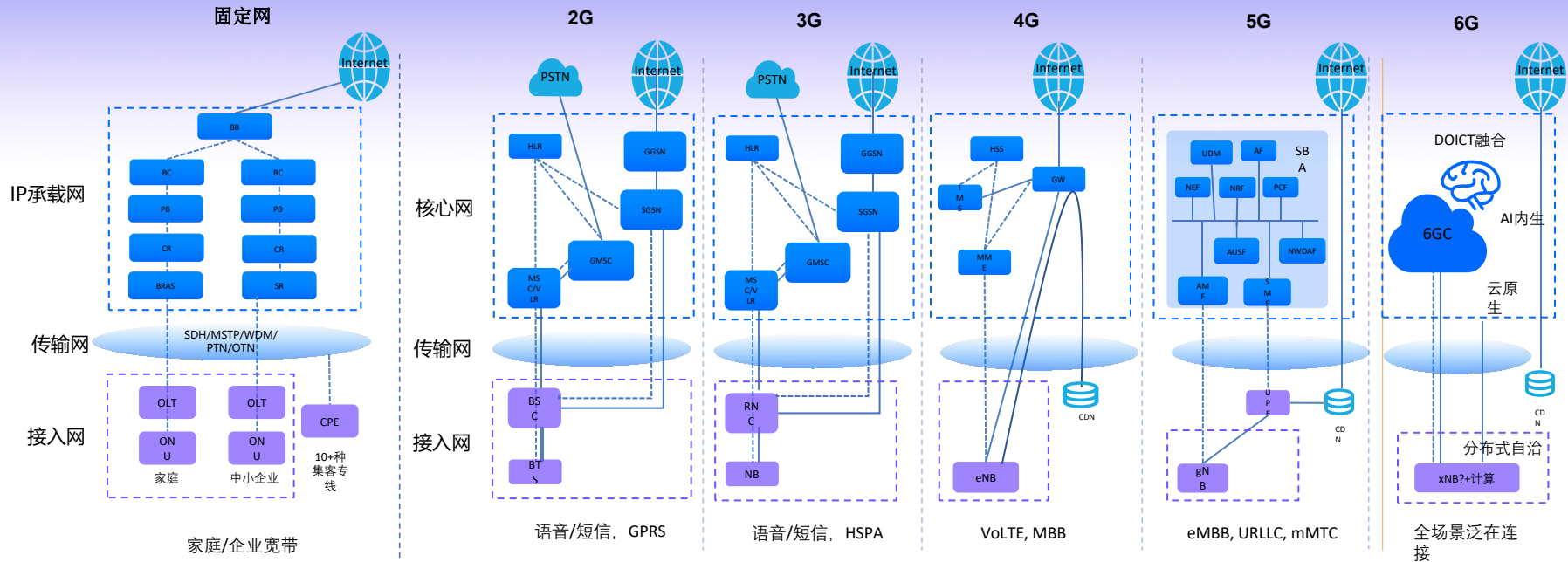
通信原理



通信网络工程



通信网络特点1: 体系化演进



标准/行业组织

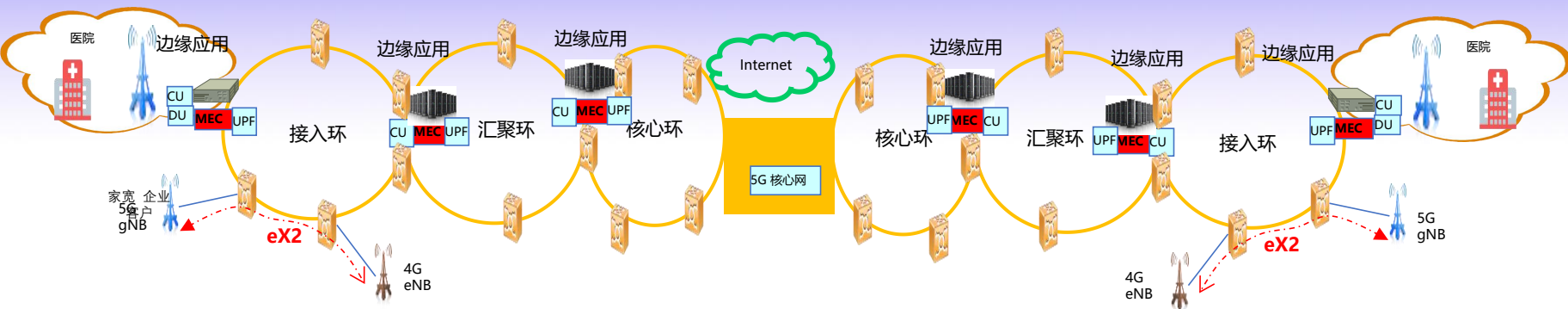
40+ 组织个数

25000+ 标准项目

120+ 开源项目



通信网络特点2：超大规模、复杂度极高



4.49亿 设备量

10 大类 **239** 种设备

65% 哑资源设备

网络设备

1000+ 综合/专业网管

2000+ 设备网管

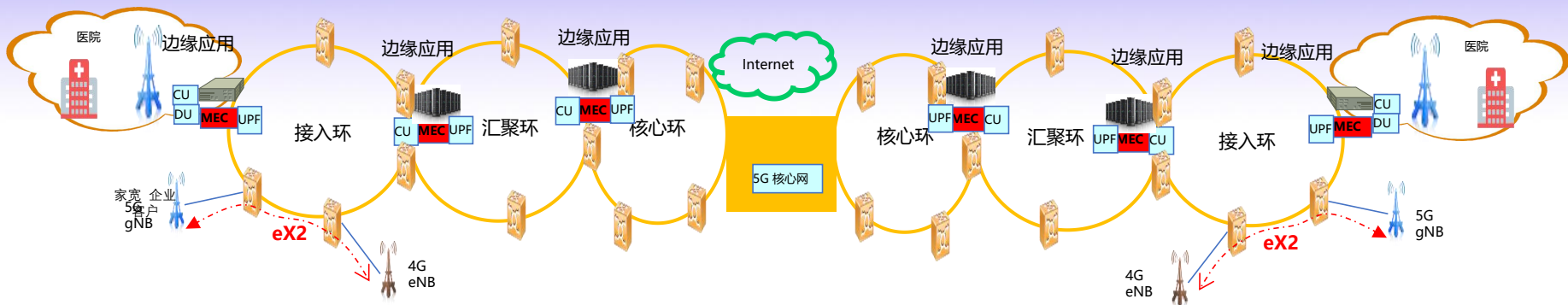
网络管理系统

5.9万 运维人员

1000+亿 运维费用

运营运维费用

通信网络特点3：高可靠性



99.999%

灾后郑州：当一座城市突然失去了互联网，人们进入了以物易物的时代。。。。。

全社会享受移动互联网便利性的背后是多少通信人的付出和努力。。。。。

通信网络特点4：动态性高、不确定性强

网络调度

邻区关系变化

恶劣天气

应急处理

网络容灾

城市建设

网络割接

大气波导

重大活动

基站节能

信号屏蔽

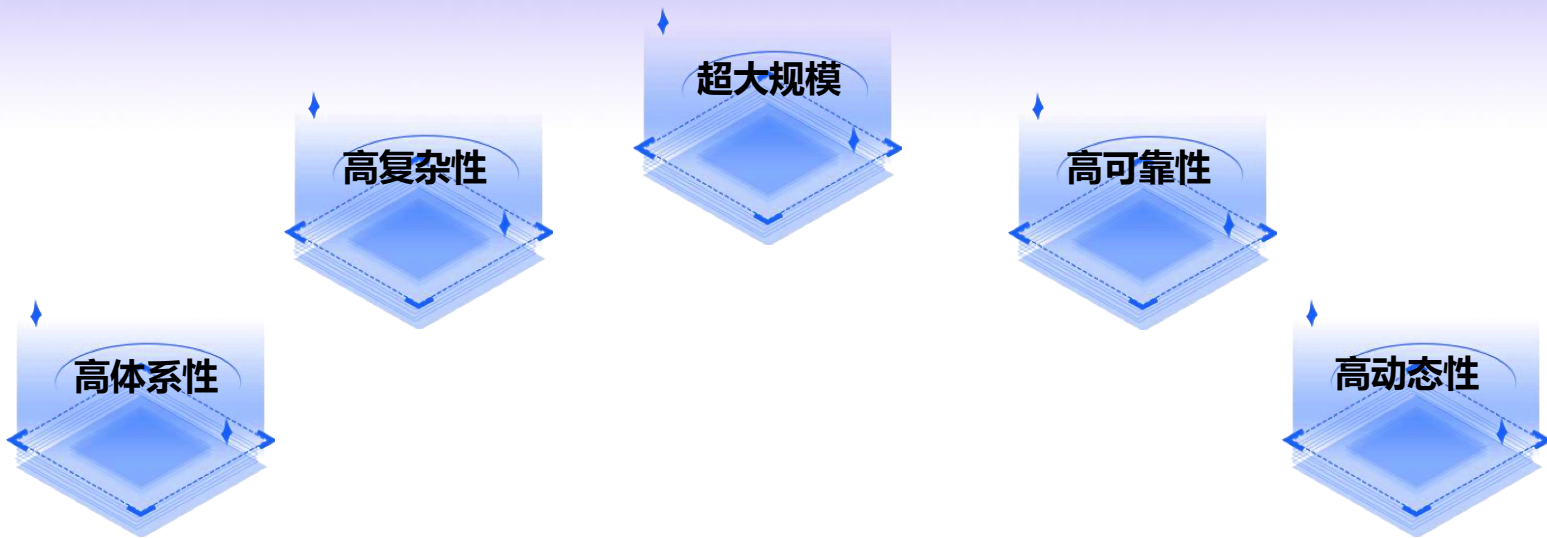
用户行为

采集设备不稳定

流量突发

施工破坏

通信网络特点



1 通信网络特点

2 网络智能化定义及核心

3 中国移动网络智能化实践

网络智能化：将AI技术与通信网络深度融合，研究通信网络智能化相关的理论、架构和算法，攻关核心技术及软硬件，以实现通信网络运营运维智能化，网络服务智能化，构建智慧内生网络，助力通信网络提质增效、赋能行业数智化升级。

通信网络的智能来源



环境

复杂、高动态但不柔性



知识

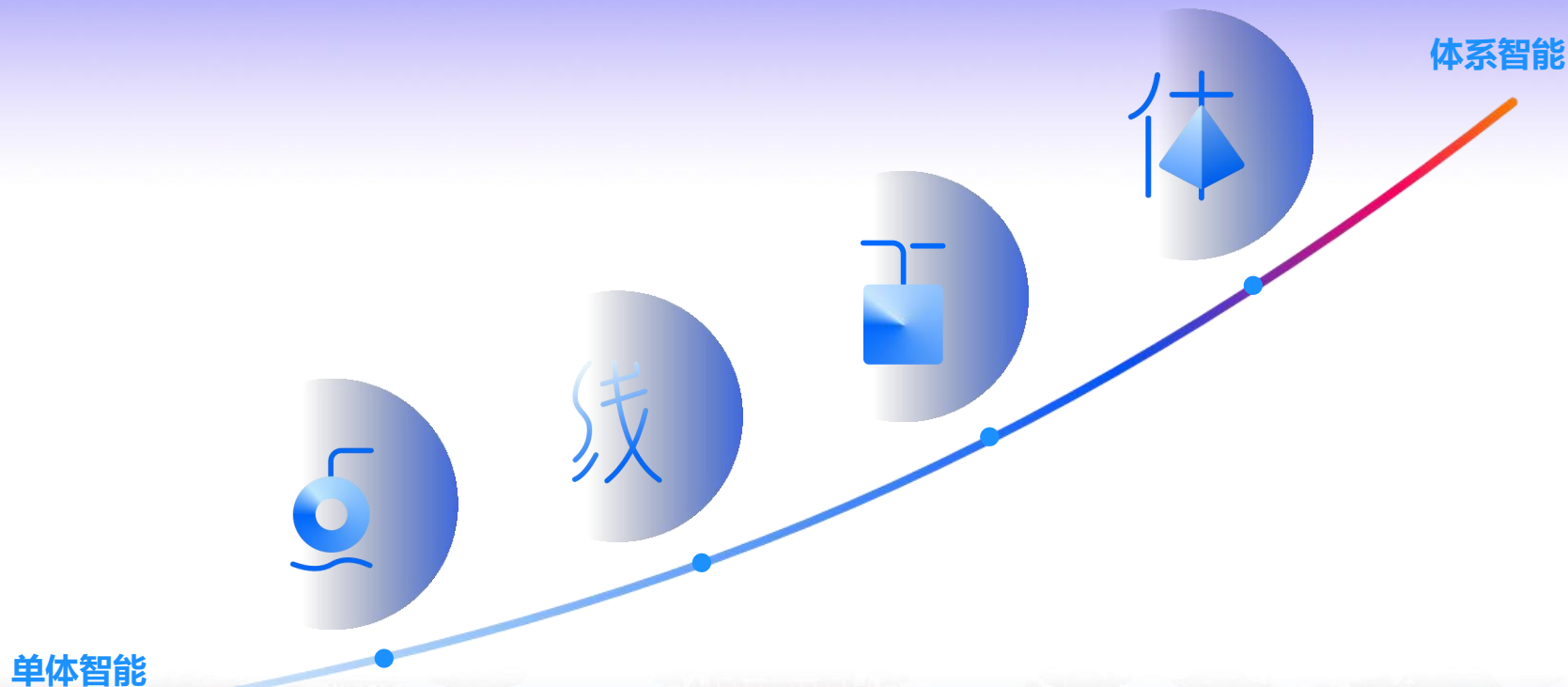
密集但缺乏体系化表达



数据

时空序列数据
海量但有效性低、异构

网络智能化的核心：体系化智能



1 通信网络特点

2 网络智能化定义及核心

3 中国移动网络智能化实践

全网自智网络平均水平2025年达到L4级



“China mobile is widely recognized as the most advanced AN-enabled CSP in the world.” -- TMF
中国移动已公认成为最领先的自智网络运营商

中国移动网络智能化实践



核心能力及算法



串入流程的应用



沉淀共性的平台



带动产业的生态



网智4+X核心算法及无线网络大模型

网络特色4智能能力

通用AI能力适配

“4+X”
能力体系

预测智能

时空序列预测
多指标时序预测

感知智能

海量网元异常检测
多指标异常检测

诊断智能

多指标根因定位
告警根因定位

控制智能

PTN拓扑优化
节能控制参数寻优

自然语言处理

家宽投诉摘要提取
装维质量识别

机器视觉

电表图片篡改识别
光交箱端子识别

智能语音

网络投诉语音识别
网络投诉语音情绪

网络
大模型

无线网络大模型

网络语言大模型

网络视觉大模型

网络多模态大模型

网络数据

XDR

性能

拓扑

配置数据

资源数据

业务/订购关系

告警

系统/操作日志

标准/规程

维护/产品手册

企标/操作规程

方案/预案

案例/分析报告

图片/视频

投诉语音/文本

工单/值班日志

结构化的时空序列数据

非结构化数据

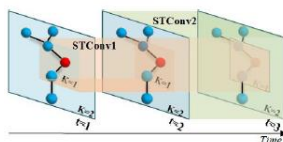
超大规模、异构、非独立时空序列预测

科学问题

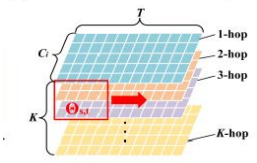
- ✓ 通信网络超大规模节点时空数据和复杂结构化信息AI建模。
- ✓ 通信网络数据时空同步相关性；
- ✓ 通信网络节点异构性；

技术突破

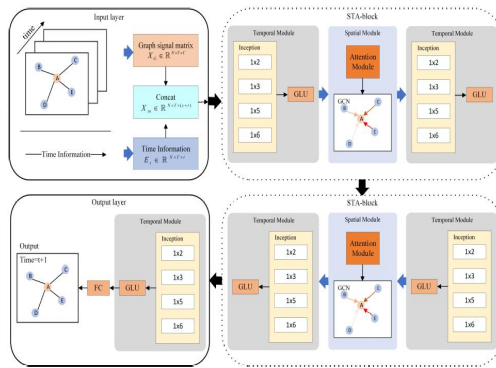
创新提出**时空同步卷积**捕获复杂时空相关性，结合**Inception + 自适应图注意力**机制解决网络异构性难题，结合迁移学习和图聚类的子图参数迁移训练，实现大规模节点子图预训练，分解通信网络复杂拓扑结构，实现对大规模网元节点建模。



(a) Two STConv kernel examples.



(b) A schematic diagram of STConv kernel.



应用成效

- ✓ 支撑**无线大规模小区节能项目、网元/小区扩容规划、应急保障、智能路由调度决策**等应用；
- ✓ 公开数据集MAPE/RMSE较当时最优算法**下降4%~15%**；
- ✓ 应用预测准确率较传统方法**提升38%**。

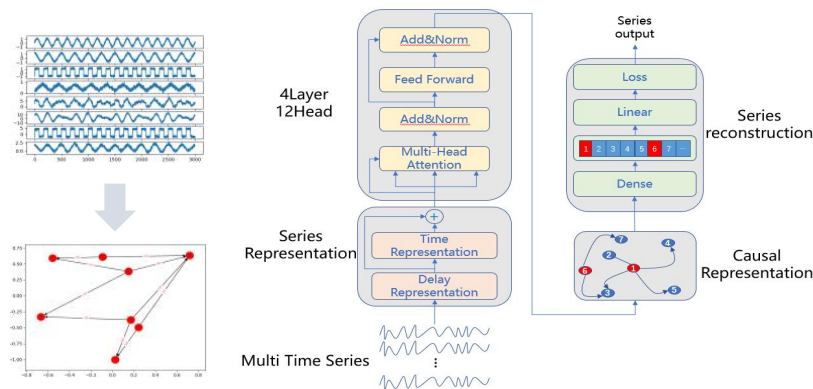
基于因果图注意力机制高可信的海量网元异常检测

科学问题

- ✓ 如何更好的表征海量网元数据的复杂结构化信息？
- ✓ 如何实现知识和数据的有效融合，解决通信领域对AI模型高可信性要求？
- ✓ 如何提升AI模型的通用性，解决海量网元检测问题？

技术突破

创新提出多指标时空数据的**因果注意力结构**，结合专家经验并通过**结构约束**提升模型可信性。并将时序数据空间转换为**因果图空间**，在因果图空间实现**图表征和图聚类**，支撑海量网元的多指标异常检测。



应用成效

- ✓ 支撑**无线网扰动工单自动发现、核心网健康度画像、电池健康度**等应用；
- ✓ 基于网元多指标因果注意力算法，公开数据集异常检测任务F1-score相较业界**提升9pp**；
- ✓ 海量小区异常检测场景，**10%训练数据**即可达到相同性能。

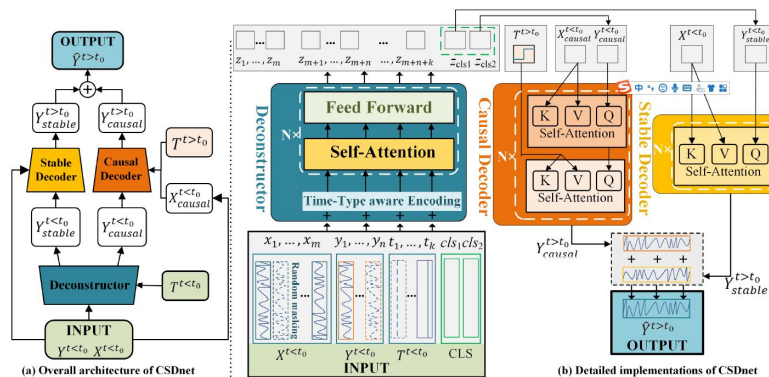
面向复杂时空序列的因果推断

科学问题

- ✓ 如何实现面向时空序列的因果推断？
- ✓ 如何在干预动作多种、连续且并行的情况下，有效识别因果效应？

技术突破

创新提出“**因果-趋势**”的时间序列拆分算法，将时间序列自适应拆分为“因果性分量（对干预敏感）”和“趋势性分量（对干预不敏感）”，针对因果分量，**融合知识信息挖掘干预和时序数据的物理机理**，提升模型可信性和稳定性。



应用成效

- ✓ 支撑**无线节能、负载均衡、权值优化**等参数调整效果预估等应用场景
- ✓ 山东、江苏、浙江三个现网实际生产数据集上MAE相比SOTA**下降22.2%~55.6%**

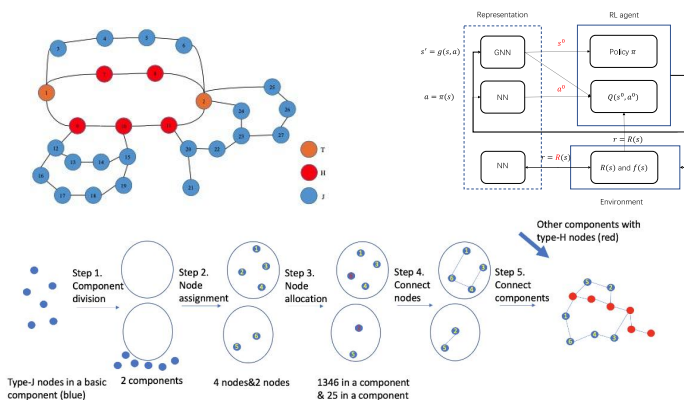
基于深度强化学习的网络拓扑优化

科学问题

- ✓ 网络拓扑优化往往对应整数规划问题，指数级复杂度如何解决？
- ✓ 如何同时考虑通信网络拓扑规则约束及上层通信状态的变化？

技术突破

创新提出**网络拓扑优化数学定义**，兼顾优化成本、组网约束、可实施性、负载均衡和容量优化等多因素，提出**基于图神经网络的拓扑合法性评估策略**，结合**基于深度强化学习的拓扑搜索策略**，有效实现在海量拓扑空间中最优拓扑结构搜索技术。



应用成效

- ✓ 支撑传输网络拓扑结构智能优化等应用，提升健康环路数占比，提升优化方案制定效率
- ✓ 基于强化学习的网络拓扑优化算法，相比传统启发式搜索算法性能提升 **34.71%**
- ✓ 应用后做为ITU AI/ML 竞赛的赛题之一，被认定为**最具挑战的赛题**，赛题参赛团队包揽了**两个金奖**

在通信网元、视觉基础大模型上实现技术突破

通信网元基础大模型



通信视觉基础大模型



中国移动网络智能化实践



核心能力及算法



串入流程的应用



沉淀共性的平台



带动产业的生态



端到端、全流程体系梳理，明确智能化嵌入场景



典型案例1：无线网络智能节能

端到端绿色节能



全网落地应用

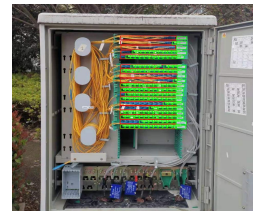
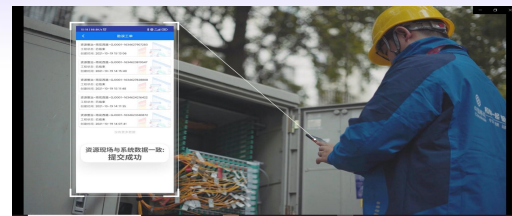


典型案例2：传输哑资源智能识别

哑资源管理全流程



全网落地应用

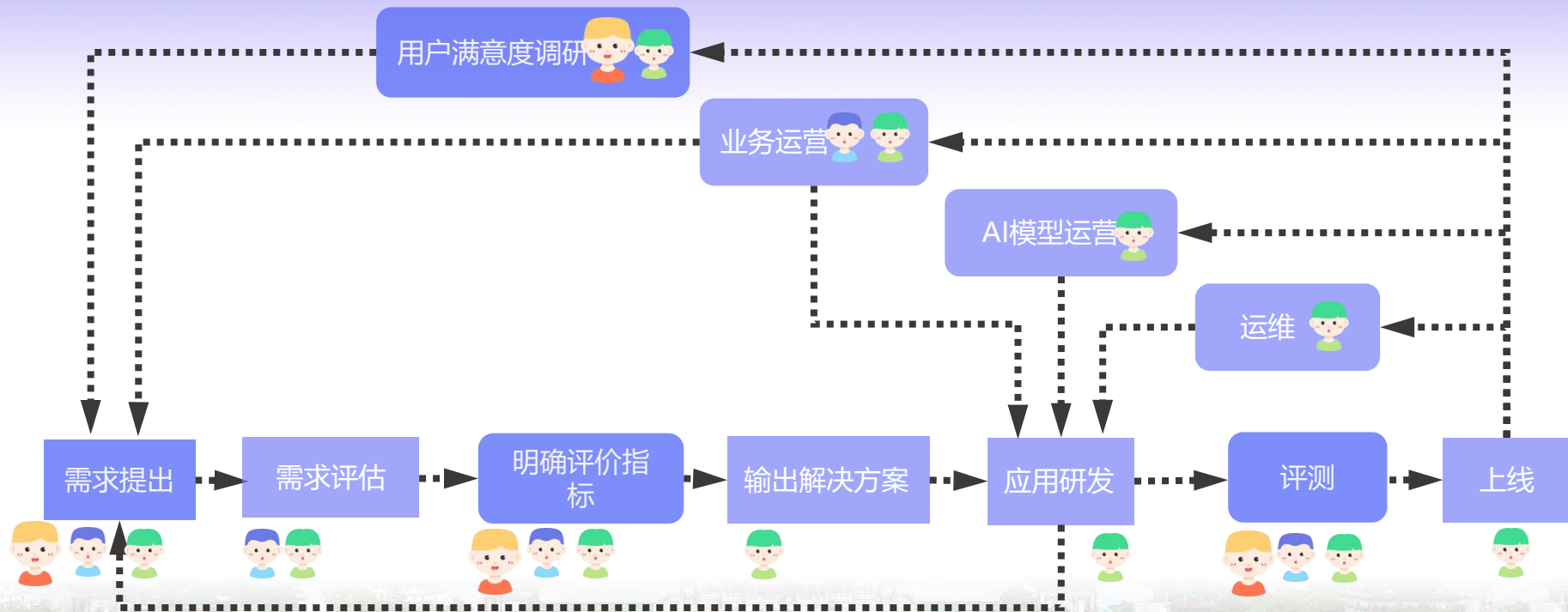


智能识别空闲端口
(统计空闲数量)



智能识别管井风险
(缺失、翘起、破损)

建立应用研发、上线、运营运维闭环机制



中国移动网络智能化实践



核心能力及算法



串入流程的应用



沉淀共性的平台

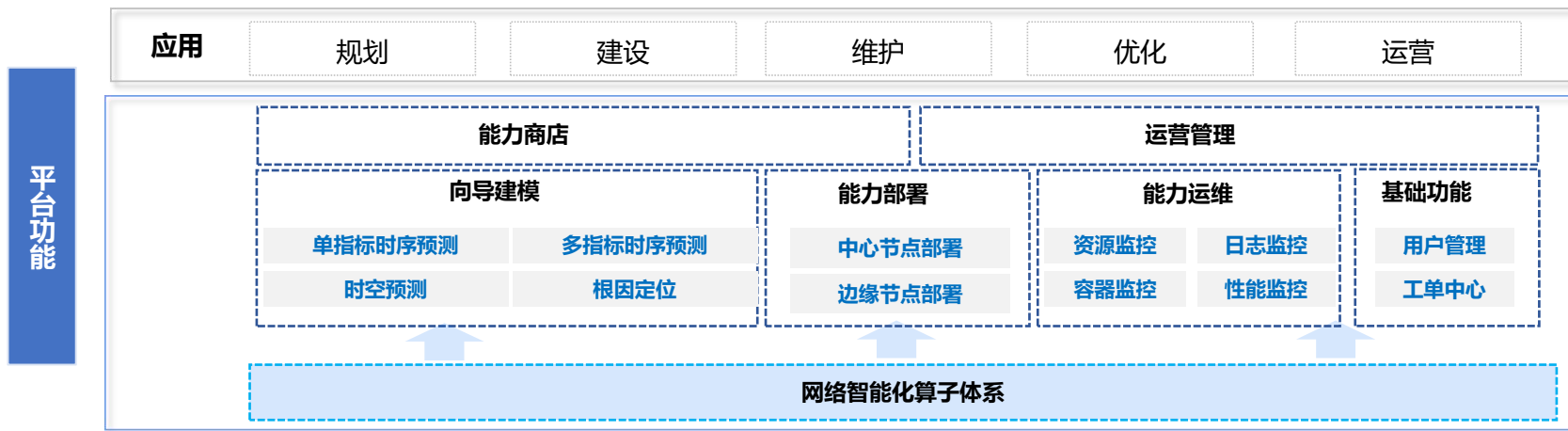


带动产业的生态

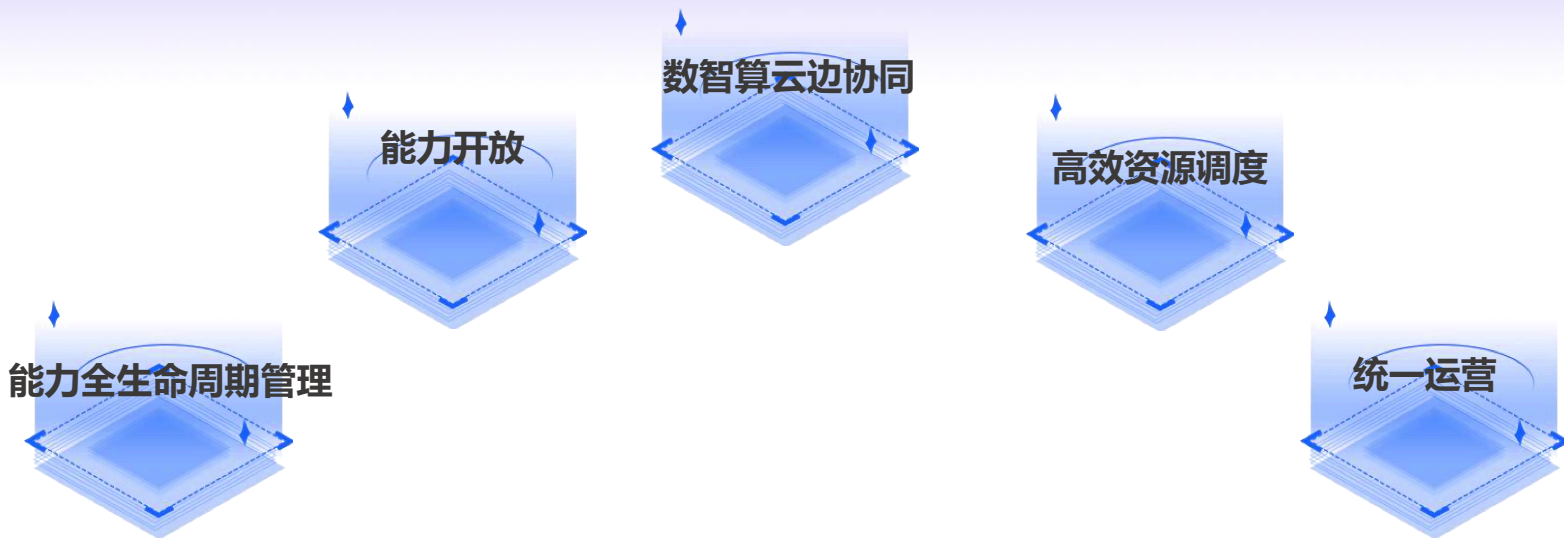


中国移动网络智能化平台

做为自智网络智能化数字底座和核心引擎，提供AI能力研发、部署、推理、共享、以及统一运营运维等全生命周期管理能力。通过算力集中、能力集中、管理集中，使网络智能化能力开发更简单，推广更高效。

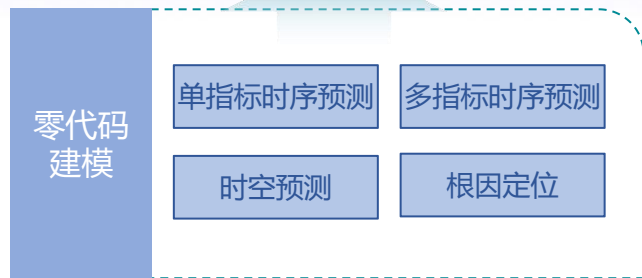


统一运营，支撑共性AI能力沉淀



多形式建模，满足不同技术背景用户需求

 业务专家



 算法工程师



网络智能化
算子体系

数据接入算子

数据处理算子

特征提取算子

模型训练算子

模型推理算子

能力封装算子

能力调用算子

日志采集算子

共享实践经验，促进产业协同

国内首个“电信业人工智能平台产品能力评测认证”



被AIIA联盟选为“AI平台应用标杆案例”



中国移动网络智能化实践



核心能力及算法



串入流程的应用



沉淀共性的平台



带动产业的生态



开源标准协作，引领产业发展

01

协同标准研发



- Target Architecture, General Technology (TMF, ITU)
目标架构, 通用技术
- Domain Model, Domain Interface (3GPP, ETSI, IETF)
领域模型, 领域接口

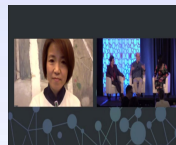
77
标准化项目

500+
标准文稿

02

开源实现

引领社区发展方向



- LFN Board director
LFN董事会主席
- ONAP TSC vice chair
ONAP TSC副主席

提供网智参考实现



- General intent PoC
通用意图实现项目
- Code contribution: 10K+
代码贡献量: 10K+

持续提升团队影响



- Top Achievement Award
优秀案例奖
- Code Improvements Award
质量提升奖

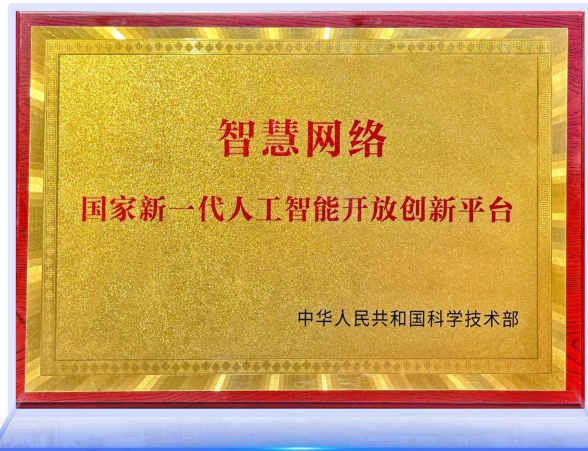
10+
关键职位任职

11本
白皮书

智慧网络国家新一代人工智能开放创新平台

2022年11月，科技部正式授牌中国移动建设“智慧网络”国家新一代人工智能开放创新平台

以加速通信网络+人工智能关键技术突破、激发新一代信息技术融合创新动能、建立我国信息产业新优势为使命，面向广大ICT企业、高校、科研机构、行业组织等产业链上下游，提供**柔性试验环境**，开放充沛的**智能算力**、丰富的**特色数据**和**算法**、强大的**开发与能力平台**，赋能产业智能化技术创新，支持合作伙伴优秀成果规模化落地



智慧网络国家新一代人工智能开放创新平台门户及开放体系

智慧网络国家新一代人工智能开放创新平台门户正式上线：开放数据集、网络环境、算力、能力资源服务的统一入口 <https://jiutian.10086.cn/open>



2023年平台开放计划

2023年8月

- ✓ 门户上线
- ✓ 数据服务开放

2023年9月

- 打榜任务活动发布
- 竞赛服务

2023年Q4

- 更多共建数据集持续发布
- 开放仿真环境上线
- 开源项目和开放模型

开放网络智能化数据集

依托智慧网络国家新一代人工智能开放创新平台，开放首批7个网智精品数据集，打造数据开放共享生态

数据集	标签	数据规模
CSI压缩反馈	网元：无线、感知	60万
算网异常检测及故障定位	运维：核心、感知、诊断	60万
无线侧故障根因分析	运维：无线、诊断	460万
无线小区多指标时空序列预测	运维：无线、预测	上亿
光网络哑资源合规检测	运维：资源、感知	2万
网络拓扑优化	运维：核心、决策	10万
无线链路质量预测	服务：跨域、感知	2万

- 通信行业数据开放规模最大、现网真实场景、数据类型丰富多样
- 打通九天计算资源，助力网元、运维、服务智能、网络大模型研发
- 持续收集、体系化构建、分批开放高质量数据

	感知	诊断	预测	决策
网元智能	√			
运维智能	√	√	√	√
服务智能	√			
网络大模型	陆续发布			



**智慧网络国家新一代人工智能
开放创新平台服务门户**

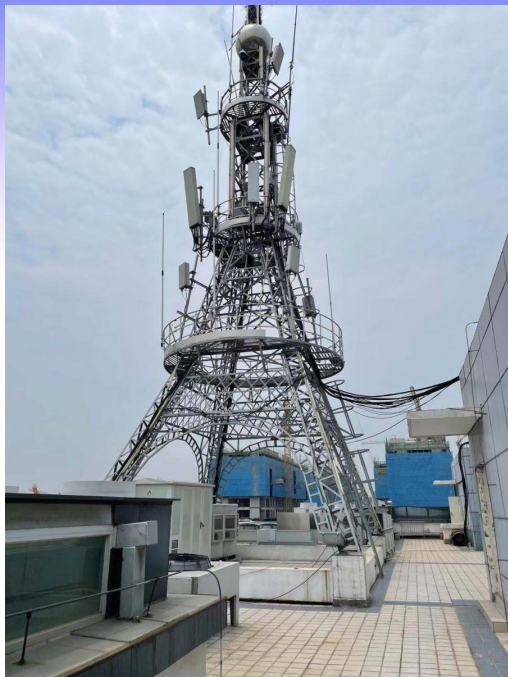


九天人工智能公众号

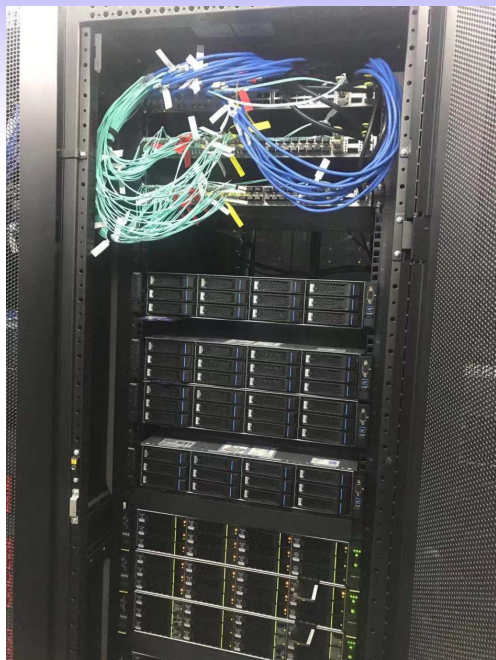


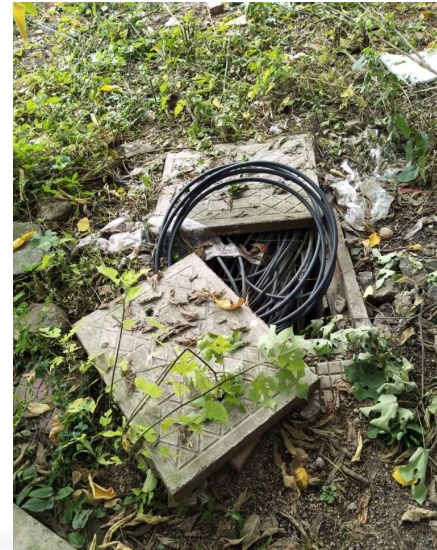
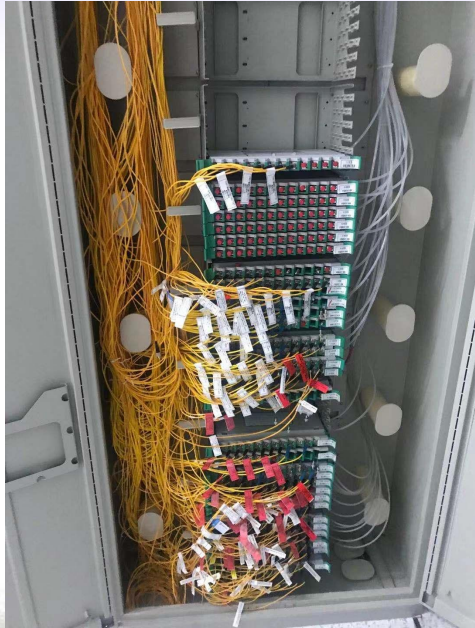
谢谢











3GPP标准的冰山一角

A GLOBAL INITIATIVE

sort by name/desc	sort by date/desc	sort
Rel-10	2021/06/30 11:44	
Rel-11	2021/06/30 11:44	
Rel-12	2021/06/30 11:44	
Rel-13	2021/06/30 11:44	
Rel-14	2021/06/30 11:44	
Rel-15	2021/06/30 11:44	
Rel-16	2021/06/30 11:44	
Rel-17	2021/06/30 11:40	
Rel-18	2021/06/24 7:32	
Rel-8	2021/06/30 11:44	
Rel-9	2021/06/30 11:44	

11 items.

sort by name/desc	sort by date/desc	sort
21_series	2021/06/30 10:59	
22_series	2021/06/30 11:01	
23_series	2021/06/30 11:06	
24_series	2021/06/30 11:08	
25_series	2021/06/30 11:11	
26_series	2021/06/30 11:29	
27_series	2021/06/30 11:29	
28_series	2021/06/30 11:30	
29_series	2021/06/30 11:32	
31_series	2021/06/30 11:32	
32_series	2021/06/30 11:35	
33_series	2021/07/05 9:50	
34_series	2021/07/05 9:28	
35_series	2021/06/30 11:37	
36_series	2021/07/08 19:00	
37_series	2021/07/07 22:15	
38_series	2021/07/09 7:50	
41_series	2021/06/30 11:41	
42_series	2021/06/30 11:41	
43_series	2021/06/30 11:42	
44_series	2021/06/30 11:42	
45_series	2021/06/30 11:43	
46_series	2021/06/30 11:44	
48_series	2021/06/30 11:44	
49_series	2021/06/30 11:44	
51_series	2021/06/30 11:44	
52_series	2021/06/30 11:44	
55_series	2021/06/30 11:45	

3GPP A GLOBAL INITIATIVE www.3gpp.org/ftp/Spec

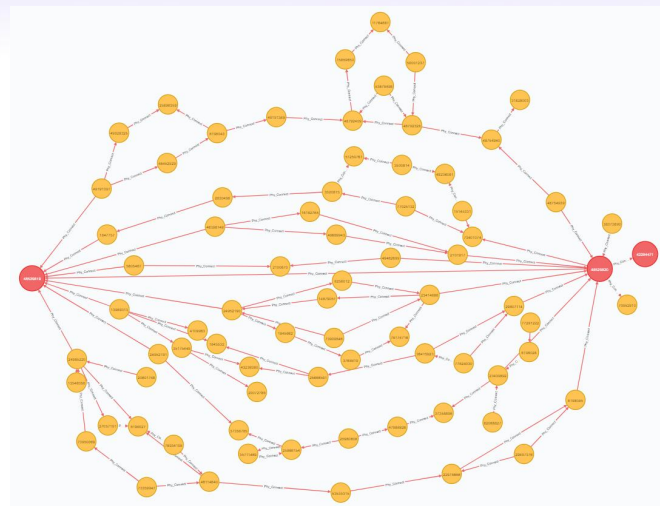
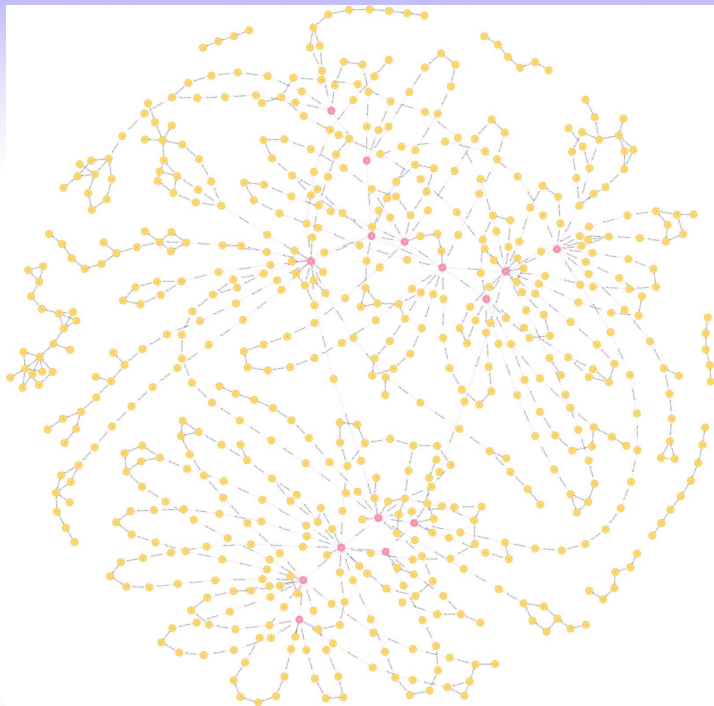
sort by name/desc	sort by date/desc
23002-000.zip	2018/03/27 8:07
23003-fa0.zip	2020/09/24 16:35
23007-f40.zip	2019/09/18 15:33
23008-f70.zip	2019/03/22 15:43
23009-000.zip	2018/06/22 19:16
23011-000.zip	2018/06/22 19:17
23012-000.zip	2018/06/22 19:18
23014-000.zip	2018/06/20 16:35
23015-f10.zip	2018/12/22 0:26
23016-000.zip	2018/06/22 19:19
23018-000.zip	2018/06/22 19:20
23031-000.zip	2018/06/22 9:35
23032-f10.zip	2018/09/17 15:02
23034-000.zip	2018/06/20 16:37
23035-000.zip	2018/06/22 9:39
23038-000.zip	2018/06/20 16:42
23040-f30.zip	2019/03/26 16:46
23041-f50.zip	2019/03/26 16:48
23042-000.zip	2018/06/20 16:51
23053-000.zip	2018/06/22 17:35
23057-000.zip	2018/06/21 5:26
23060-f50.zip	2018/12/18 11:12
23066-000.zip	2018/06/22 19:20
23067-f20.zip	2018/06/22 19:21
23072-000.zip	2018/06/22 19:22
23078-000.zip	2018/06/22 19:23
23079-000.zip	2018/06/22 19:24
23081-000.zip	2018/06/22 19:25
23082-000.zip	2018/06/22 19:25
23083-000.zip	2018/06/22 19:26
23084-000.zip	2018/06/22 19:26
23085-000.zip	2018/06/22 19:27
23086-000.zip	2018/06/22 19:27
23087-000.zip	2018/06/22 19:28
23088-000.zip	2018/06/22 19:28
23090-000.zip	2018/06/22 19:29
23091-000.zip	2018/06/22 19:30
23092-000.zip	2018/06/22 19:30
23093-fa0.zip	2020/09/24 16:35
23094-f01.zip	2018/06/22 19:18
23096-000.zip	2018/06/22 19:32
23097-000.zip	2018/06/22 19:32
23101-000.zip	2018/06/21 5:27
23107-000.zip	2018/06/21 5:27
23108-000.zip	2018/06/20 17:00
23110-000.zip	2018/06/21 5:28
23116-000.zip	2018/06/22 19:33
23119-000.zip	2018/06/22 19:34
23122-f70.zip	2019/03/26 16:49
23135-000.zip	2018/06/22 19:34
23139-000.zip	2018/06/21 5:29
23141-000.zip	2018/06/21 5:30
23142-f10.zip	2019/06/13 12:15
23146-000.zip	2018/06/27 11:09
23153-000.zip	2018/06/22 19:35
23161-000.zip	2018/06/21 5:31
23167-f70.zip	2020/07/09 7:30
23172-000.zip	2018/07/03 9:36
23202-000.zip	2018/06/27 13:48
23203-f50.zip	2019/10/09 15:34
23204-000.zip	2018/03/27 8:39
23205-000.zip	2018/06/22 19:36
23207-000.zip	2018/06/22 8:21
23214-f50.zip	2018/12/18 11:17
23216-f50.zip	2019/09/24 12:51
23218-000.zip	2018/06/20 17:10
23221-f10.zip	2018/12/18 11:19
23222-f40.zip	2018/12/21 17:00
23226-000.zip	2018/06/21 5:34
23228-f40.zip	2019/03/25 15:11
23231-000.zip	2018/06/22 19:37
23236-000.zip	2018/06/21 5:35
23237-f20.zip	2019/09/24 12:57

23081-000.zip	2018/06/22 19:25
23082-000.zip	2018/06/22 19:25
23083-000.zip	2018/06/22 19:26
23084-000.zip	2018/06/22 19:26
23085-000.zip	2018/06/22 19:27
23086-000.zip	2018/06/22 19:27
23087-000.zip	2018/06/22 19:28
23088-000.zip	2018/06/22 19:28
23090-000.zip	2018/06/22 19:29
23091-000.zip	2018/06/22 19:30
23093-000.zip	2018/06/22 19:31
23094-f01.zip	2018/07/09 14:19
23096-000.zip	2018/06/22 19:32
23097-000.zip	2018/06/22 19:32
23101-000.zip	2018/06/21 5:27
23107-000.zip	2018/06/21 5:27
23108-000.zip	2018/06/20 17:00
23110-000.zip	2018/06/21 5:28
23116-000.zip	2018/06/22 19:33
23119-000.zip	2018/06/22 19:34
23122-f70.zip	2019/03/26 16:49
23135-000.zip	2018/06/22 19:34
23139-000.zip	2018/06/21 5:29
23141-000.zip	2018/06/21 5:30
23142-f10.zip	2019/06/13 12:15
23146-000.zip	2018/06/27 11:09
23153-000.zip	2018/06/22 19:35
23161-000.zip	2018/06/21 5:31
23167-f70.zip	2020/07/09 7:30
23172-000.zip	2018/07/03 9:36
23202-000.zip	2018/06/27 13:48
23203-f50.zip	2019/10/09 15:34
23204-000.zip	2018/03/27 8:39
23205-000.zip	2018/06/22 19:36
23207-000.zip	2018/06/22 8:21
23214-f50.zip	2018/12/18 11:17
23216-f50.zip	2019/09/24 12:51
23218-000.zip	2018/06/20 17:10
23221-f10.zip	2018/12/18 11:19
23222-f40.zip	2018/12/21 17:00
23226-000.zip	2018/06/21 5:34
23228-f40.zip	2019/03/25 15:11
23231-000.zip	2018/06/22 19:37
23236-000.zip	2018/06/21 5:35
23237-f20.zip	2019/09/24 12:57

23232-f40.zip	2018/12/21 17:00
23236-000.zip	2018/06/21 5:34
23238-f40.zip	2019/03/25 15:11
23231-000.zip	2018/06/22 19:37
23236-000.zip	2018/06/21 5:35
23237-f20.zip	2019/09/24 12:57
23240-000.zip	2018/06/22 8:22
23246-f10.zip	2019/09/24 13:00
23251-f10.zip	2018/09/17 14:43
23259-000.zip	2018/10/16 9:12
23261-000.zip	2018/06/21 5:38
23271-f20.zip	2019/12/22 8:25
23272-000.zip	2017/12/22 14:58
23278-000.zip	2018/06/22 19:37
23279-000.zip	2018/06/21 5:40
23280-f70.zip	2019/06/14 21:52
23281-000.zip	2019/03/26 15:31
23282-f40.zip	2018/06/22 22:14
23283-f30.zip	2018/12/17 14:22
23284-000.zip	2018/06/22 19:38
23285-000.zip	2019/12/22 8:28
23292-000.zip	2018/06/19 9:46
23303-f10.zip	2018/06/19 6:41
23313-f20.zip	2021/03/30 7:11
23334-f30.zip	2021/03/30 7:23
23335-000.zip	2018/06/22 19:40
23378-f60.zip	2019/06/14 21:40
23380-f30.zip	2021/03/30 7:28
23401-f60.zip	2020/09/24 9:36
23402-f30.zip	2018/03/27 10:03
23468-f10.zip	2019/09/24 13:21
23501-f60.zip	2020/12/17 13:07
23502-000.zip	2021/06/24 12:45
23503-f60.zip	2021/06/24 12:52
23527-f30.zip	2019/06/13 12:20
23682-f60.zip	2019/12/22 9:27
23722-f10.zip	2018/04/03 21:46
23729-000.zip	2017/09/19 5:40
23733-f10.zip	2017/12/22 15:19
23751-000.zip	2017/06/12 15:52
23759-000.zip	2017/09/18 10:58
23781-000.zip	2017/06/14 22:07
23782-000.zip	2017/06/14 22:10
23790-000.zip	2018/01/06 0:28
23798-000.zip	2017/06/12 15:54
23903-000.zip	2018/06/21 6:01
23919-000.zip	2018/06/21 6:02
23975-000.zip	2018/06/22 8:24
23976-000.zip	2018/06/21 6:03
23977-000.zip	2018/06/21 6:04
23979-000.zip	2018/06/21 6:05
23981-000.zip	2018/06/21 6:06



区县传输网络图



中国移动智能基站节能应用

