

菲律宾某运营商传输链路可用率AI建模及应用

诸晓宇 姚琦琦 郑登登 蓝文庭

中国电信菲律宾PTO项目组 菲律宾 马尼拉 1634

摘要: 本文基于中国电信PTO (Philippine Third Operator) 项目 (DITO Telecommunity), 针对菲律宾通信网络骨干传输链路可用率进行研究。本文在传统的链路可用率模型基础上开展了进一步的研究, 优化了模型, 并在DITO超核链路保障、政企业务选路和骨干网规划中应用。

关键词: 光缆传输; 链路可用率预测; OTN传输网络; CAPEX优化

引言: 信息化时代对网络性能要求越来越高, 亟需采用有效模型对传输链路做预测, 满足网络和业务发展。本文分析了网络建设与运维中面临的挑战, 提出了一种改进的可用率预测模型。通过分析建维模式、敷设方式、故障数据等因素, 优化了传统的串并联可用率模型。研究成果已在超核链路保障、政企业务选路和全国骨干网规划中应用, 显著提升了网络的可靠性与运营效率。未来, 计划通过引入自然灾害因素及人工智能技术, 进一步优化模型的适用性与预测精度。

1 课题背景和必要性:

中国电信PTO项目是中国企业首次在海外以绿地开发方式投资、建设和运营完整的通信网络, 作为“一带一路”倡议和数字“海上丝绸之路”的实践者, DITO致力于提升菲律宾改善通信服务水平, 为菲律宾的信息通信技术产业发展贡献中国技术、中国标准、中国经验, 搭好构建人类命运共同体的重要实践平台。

DITO历经几年发展, 当前面临如下形势和困难:

(1) 宏观环境: 受美联储加息、新冠疫情等影响, 建网成本增加。

(2) 行业趋势: 菲既有运营商近几年提升自身网络运营投入和质量; 同时数字化的管理和运营能力显得更为紧要

(3) 自身需求: DITO开展大规模通信基础设施至今已五年, 已覆盖86.3%人口, 发展重心已转为市场运营, 精准建网、提升投资回报率更为必要。同时, DITO自建

超核机房分处南北吕宋, 相距360+公里, 是全球最远超核DC距离, 确保超核间链路高可靠性至关重要。

(4) 运维客观挑战: 吕宋岛地势上下宽中间窄; 可供光缆布放的道路数量少导致可选路由有限; 土地私有化及部分地区存在建设垄断, 导致DITO同时采用租购的光缆网建设策略; 光缆断纤故障率高。

传统“可用率”是客观反映端到端链路可用时长的指标, 是对链路运维“结果”好坏的直接体现, 但传统可用率模型不具备预测功能。“可靠性”不直接反映链路可用率, 而是综合建维主体、敷设方式等维度, 在基于“可用率”基础上做的综合风险评估, 是对未来运维结果的“综合预测”。相比可用率, 可靠性可快速形成分析结果并加以应用。

因此, 本文对传输链路可靠性(或可用率模型的优化)开展研究, 通过预测, 优化链路规划与运维, 确保网络高效运营并提升投资回报率。

本文目标是通过分析光缆建维属性等因素, 优化传统的可用率预测模型, 提升重要传输链路及政企业务可用率, 为网络规划和资本投资提供指导, 提升整体网络可靠性。

2 研究分析的思路和方法

2.1 数据收集与分析

分析用到了现网数据和信息, 主要包括光缆建维属性、敷设方式、光缆长度、历史故障数据等(如图1)。

光缆名	OMS	工作保护	距离	建维模式	运维模式	敷设方式	总中断次数	总的中断时间(H)	平均中断时间(H)
C0001L-C0119_MC01	CO_BA-CO_KE	工作	15.61	租赁	他维	架空	23	1304.00	56.70
C0019-C0023_BC01	CO_BA-CO_KE	保护	30.12	租赁	他维	架空	3	149.00	49.67
C0035-C0020_MC01	CO_BA-CO_KE	保护	1.64	租赁	他维	架空	4	801.00	200.25

图1 基础数据表

2.2 思路与方法

骨干传输网包含上百个骨干节点, 多以OTN传输设

备构成, 相同两个OTN节点间往往不止一条OTN链路并形成保护, 而单条OTN链路往往又由多条光缆拼接而

成。以往评判某骨干网节点间的业务可用率，经常会用到传统可用率计算通用模型。^[1]

传统模型主要分为串联和并联两种，当OTN链路由多段光缆拼接而成，该端到端可用率是底层光缆可用率的乘积（如图2）。

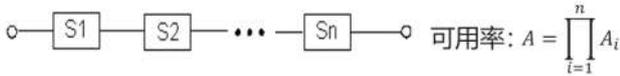


图2 传统串联模型可用率计算公式

当OTN节点间配置了两条或以上的OTN链路时（如配置SNCP等保护方案），端到端可用率通过单条OTN链路可用率计算得到（如图3）

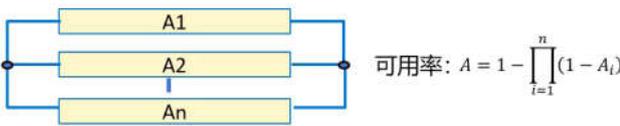


图3 传统并联模型可用率计算公式

传统模型构建了可用率计算的基础，依托现网故障记录，获取底层链路可用率，再基于链路关系计算各节点间的链路可用率，进而得出关键业务可用率^[2]。但传统模型不具备预测作用，也无法为未来网络规划等场景提供指导。因此，对可用率模型做了优化。

优化后的模型选取了一些影响因子，如光缆建维模式、敷设方式和光缆长度等，进一步将光缆归为6类，分别是下地共建他维、架空自建自维、下地自建自维、架空租赁他维、下地租赁他维、架空租赁自维。针对每类光缆统计样本数量、总计中断次数、总计中断时间、总

计长度，计算出每公里MTBF、MTTR、平均MTBF、可用率等数据（如图4）。具体公式如下：

$$\text{平均MTTR} = Y * f(V_{cm}, V_{lay}, V_m);$$

$$f(V_{cm}, V_{lay}, V_m) = (\text{总中断时长} / \text{总中断次数}) = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{\sum_{i=1}^n C_i};$$

Y：修正因子，根据大数据分析的结果引入其他修正因子和元素，不断完善MTTR。

$$\text{平均每公里MTBF} = X * f(V_{cm}, V_{lay}, V_{len});$$

$$f(V_{cm}, V_{lay}, V_{len}) = (\text{总时长} - \text{每公里中断时长}) / \text{每公里中断次数} = (T - \frac{\sum_{i=1}^n (C_i * MTTR_i)}{\sum_{i=1}^n L_i}) / (\frac{\sum_{i=1}^n C_i}{\sum_{i=1}^n L_i});$$

Y：修正因子，根据大数据分析的结果引入修正因子和元素，不断完善MTBF。

$$MTBF_{ODFi} = \text{平均每公里MTBF} / \text{Len};$$

$$MTTR_{ODFi} = \text{平均MTTR}$$

进一步通过下述公式对典型光缆类型的可用率进行预测：

$$A_{ODFi} = MTBF_{ODFi} / (MTBF_{ODFi} + MTTR_{ODFi})$$

得到各典型光缆的预测可用率后，即可预测现网任何一段实际光缆可用率：

$$A_{OTSi} = \prod_{i=1}^n A_{ODFi}$$

进一步再结合传统串并联模型以及现网链路配置关系，可计算出任两个节点间的链路可用率预测值。

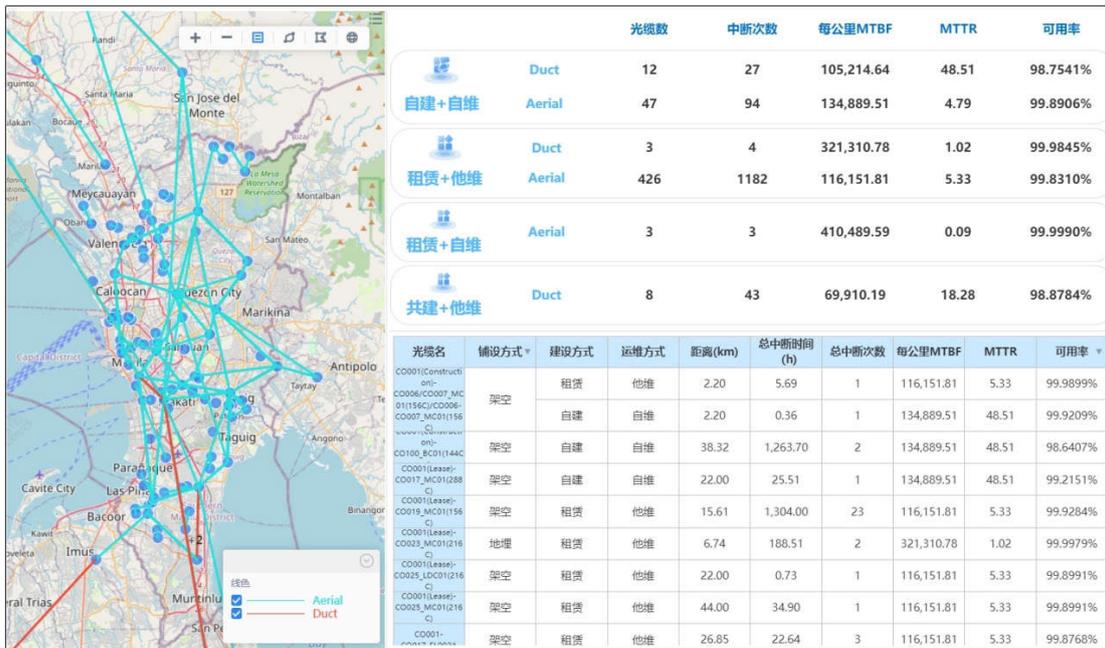


图4 现网光缆基础信息展示

3 研究成果的应用与验证

上述模型目前已经应用的场景主要有以下几块。

3.1 超核链路可用率保障

DITO初期依托三方租赁机房用于承载核心网相关设备,至2023年,第二个自建超核机房具备装机条件,DITO需将业务割接至自建核心机房。在搬迁准备过程中,如何量化保障超核间链路业务可用率成为关键问题。

在超核机房具备装机条件之初,我们用前述模型对当时的超核链路做了测算,由于当时路由少、大量采用租购缆和架空缆、合作方修复慢等原因,测算可用率仅99.95%,不能满足搬迁要求。基于这个情形,团队结合模型逐段分析了导致可用率低的瓶颈,并针对性地制定了诸如自建替租赁、架空改下地、增加OLP保护等措施^[4],实施后测算可用率为99.998%,满足搬迁需要。

3.2 重要政企业务可用率测算

部分政企专线有很高的SLA(Service Level Agreement)要求,为此,我们使用前述模型,以政企业务的端到端OTN配置路由为分析对象,预测可用率,若初选路由的预测可用率无法满足要求时,将更换所选路由或增加SNCP等保护路由,直至达到所需。

3.3 未来全国骨干光缆的规划及运维指导

实施光缆规划过程中,越重要的光缆段落,越应采取更安全的敷设方式,但同时敷设成本更高,并且考虑到部分繁忙区域或车流量大的省级道路每天仅有非常有限的施工窗口,在这些地方往往需采用顶管等更为昂贵的敷设方式,导致建网成本进一步拉高,整体建网投资回报率降低。若能够预测某个区域的光缆在不同建维及敷设方式的情形下的不同可用率,将能进一步节省建网投资,在保障业务可用率达到要求的情况下减少所需投资。

4 未来发展计划

4.1 新模型的适用性和有效性

(1) 本模型使用了影响可用率的影响因子建模,不同

网络的影响因子有所不同,本模型建模方法都可适用。

(2) 本模型使用的影响因子需具备光缆的物理固有属性(光缆建设模式、敷设方式、光纤类型、光纤长度等),但并不适用于影响可用率的动态的影响因子(台风、洪灾等自然灾害导致的突发或阶段性的影响因子)。

4.2 模型的进一步优化

菲律宾每年受到台风等恶劣天气的影响,地震等自然灾害也屡屡发生,这些灾害对于光缆的平稳运行造成影响。尤其菲律宾东部是台风的必经之地,时常导致架空光缆中断,因而本模型的下一步方向,是将这些自然灾害引入到模型中,对特定区域特定敷设方式的光缆实施可用率的影响分析,进而优化本模型^[5]。

结语

本文通过对DITO现网传输链路的数据分析,提出了一种改进的可用率预测模型,并成功应用于超核链路可用率预测与保障等场景。研究表明,优化后的模型能够显著提高传输链路的可靠性,同时为未来的网络规划提供了可靠的依据。未来研究将着重于将自然灾害因素引入模型,并探索人工智能技术的深度应用,以进一步提升网络运营效率和管理精度。

参考文献

- [1] Alan Wood. Availability Modeling. IEEE Circuits and Devices Magazine, Volume 10, Issue 3, 1994:22 - 27.
- [2] 林蓉平. WDM光网络中的可用性算法研究[D]. 电子科技大学, 2006.
- [3] 黄宁. 网络可靠性及评估技术[M]. 国防工业出版社, 2020.
- [4] 叶胤, 江树臻. 提升骨干传输网络可用率的技术方案及建议. 广东省电信规划设计院有限公司. 2012
- [5] 冯海林, 刘三阳, 宋月. 网络系统可靠性分析的马尔可夫过程法[J]. 系统工程与电子技术, 2004(11):1669-1671.