

新疆空管局自动气象观测系统网络可靠性优化分析

孙建杰, 刘晓明, 曹敦波, 朱国栋, 韩磊, 谭艳梅

民航新疆空管局气象中心, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2021年10月3日; 录用日期: 2021年11月3日; 发布日期: 2021年11月10日

摘要

网络作为系统正常运行的基础保障, 其可靠性十分重要。文章通过抗毁性分析, 对网络可靠性进行评估。通过新疆空管局自动气象观测系统网络升级改造前后两种网络方案的对比, 提出对重要数据源, 提高其连通路数对于网络可靠性有明显提升作用。在此基础上, 文章提出了通过5G通讯技术进一步提高新疆空管局自动气象观测系统网络可靠性的方案。

关键词

自动气象观测系统, 网络可靠性, 抗毁性, 5G

Network Reliability Optimization Analysis of Automatic Weather Observation System of Xinjiang Air Traffic Management Bureau

Jianjie Sun, Xiaoming Liu, Dunbo Cao, Guodong Zhu, Lei Han, Yanmei Tan

Xinjiang Air Traffic Management Meteorological Center, Urumqi Xinjiang

Received: Oct. 3rd, 2021; accepted: Nov. 3rd, 2021; published: Nov. 10th, 2021

Abstract

As the basic guarantee for the normal operation of the system, the reliability of the network is very important. The article evaluates the reliability of the network through survivability analysis. Based on the comparison of the two network schemes before and after the network upgrade of the automatic weather observation system of Xinjiang Air Traffic Management Bureau, it is proposed

that increasing the number of connected paths for important data sources has a significant effect on the reliability of the network. On this basis, the article puts forward a plan to further improve the network reliability of the automatic weather observation system of Xinjiang Air Traffic Management Bureau through 5G communication technology.

Keywords

Automatic Weather Observation System, Network Reliability, Invulnerability, 5G

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

2020年乌鲁木齐国际机场正式具备三类盲降运行能力，成为国内继首都、大兴、浦东之后第四个拥有三类B保障能力的机场。自动气象观测系统作为盲降运行的重要保障设备，其运维保障标准有了极大提高。疆空管局气象中心按照新的运行标准对自动气象观测系统进行了升级改造，在此过程中发现自动气象观测系统数据通讯网络存在严重隐患，为消除隐患，保障系统正常运行，气象中心对其网络系统进行优化升级。本文基于网络可靠性三层评估模型对升级前后的网络可靠性进行了对比分析，并提出了通过5G技术进一步提高自动气象观测系统网络可靠性的优化方案。

2. 网络可靠性评估

2.1. 可靠性三层评估模型

网络可靠性研究最早就是基于通信网络研究提出，通信网络可靠性是指通信网络在实际连续运行过程中完成用户的正常通信需求的能力。黄宁等提出，网络可靠性可从三个层次进行评估，估模型如图1所示[1]。该模型以故障为核心进行讨论，从物理层、配置层和服务层进行分析，其中拓扑/物理层以网络构件的功能故障为核心，主要考察网络的连通可靠性；规则/配置层以网络构件的性能故障为核心，主要考察网络的性能可靠性；业务/服务层以过程性故障为核心，主要考察网络的业务可靠性。采用这种模型方案，对于系统的可靠性评估简单易行，具有很强的可操作性。

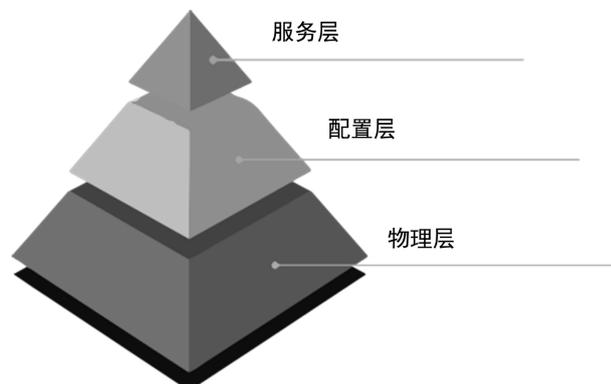


Figure 1. Three-tier evaluation model for network reliability
图 1. 网络可靠性三层评估模型

2.2. 网络抗毁性

物理设备和连接构成了可见的网络硬拓扑结构，这一层是网络的基础。这一层的构成主要是通讯线缆、协议转换器、路由器、光纤设备等物理设施。对物理层而言，从网络构件功能故障出发，考察网络连通的支持能力，其主要指标为连通性。在连通性分析过程中将网络视为由节点和边两部分组成，节点和边只有故障和正常两种状态。

抗毁性从网络连通性的角度描述网络拓扑结构对通信网可靠性的影响，它是可靠性的一种确定性测度，实质是研究网络拓扑结构的可靠性[2]。对复杂网络而言，至少需要破坏几个节点或几条链路才能中断部分节点之间的通信，而对于结构简单的通讯网络，破坏某一个关键节点或者关键链路就会造成整个网络通讯的中断。

2.3. 全连通网络于非全连通网络

全连通网络是指网络中任意两个点之间都有链路连接，若否则为非全连通网络。图 2 是一个五点全连通网络与非全连通网络的对比示意图，如图可知二者最为显著差异就是节点之间连通路数不同，前者节点间的连通路数总是多于后者的。全连通网络是结构最紧凑的网络，也是抗毁性最强的网络，并且所有节点具有同等重要性，只是出于建设成本和运行效率等方面的考虑，实际网络极少采用全连通的形式[3]。

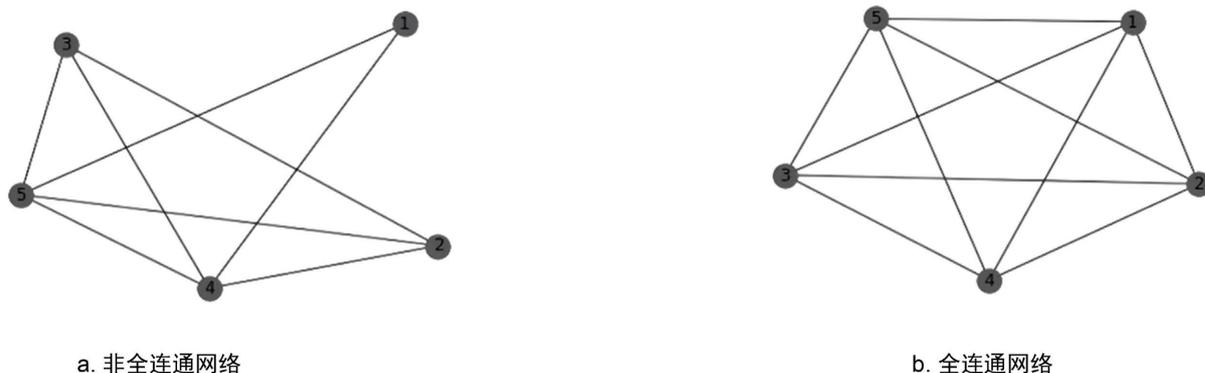


Figure 2. Non-fully connected network and fully connected network

图 2. 非全连通网络与全连通网络

3. 可靠性对比

新疆空管局气象中心维护的自动气象观测系统负责提供实时气象数据，包括风向风速、温度湿度、能见度、跑道视程等。按照数据来源，将数据源分为 07 方向、中间方向和 25 方向，其数据传输网络为三端数据通过协转器汇入环网，由外场传回机房，经过 MCU111 (Midas Communication Unit) 进行数据协议转换后进入两台 CDU 进行最终的数据处理，最终分发至各用户终端，网络示意图如图 3。MCU111 是自动气象观测系统的核心数据传输设备，主要由 MCB111 和 TS16 组成，MCB111 可安装 16 路调制解调器模块将 modem 信号转换为 RS-232 或者 RS-485 信号，TS16 作为端口服务器实现系统服务器与传感器之间的通讯[4]。

优化后的系统网络将三端数据搭建了单独传输链路，再接入环网，其网络结构如图 4 所示。通过此设计，系统中每一端的数据都存才多条链路可以选择，单个网络节点故障只会造成所在链路故障，而不会引起整个网路数据传输完全中断。

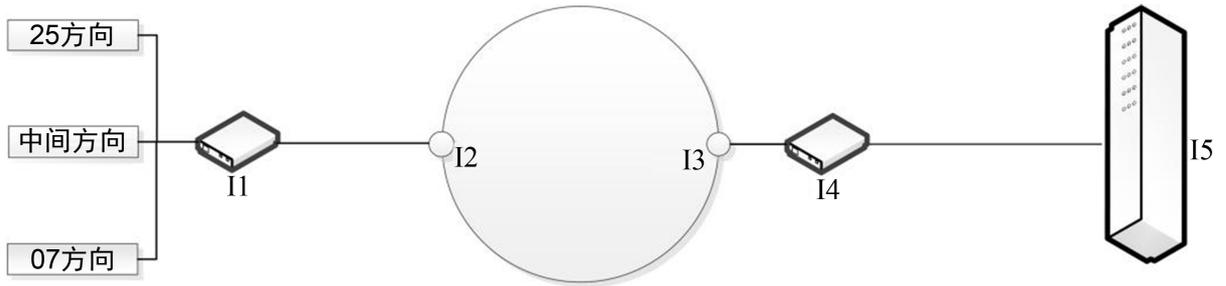


Figure 3. Network structure before optimization
图 3. 优化前的网络结构

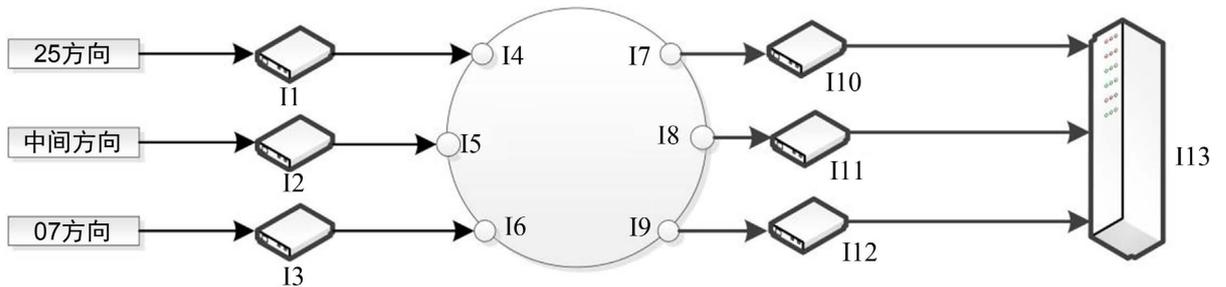


Figure 4. Optimized network structure
图 4. 优化后的网络结构

源点至目标点间的链路为连通途径，在分析连通途径的抗毁性时需要节点和边的数量进行单独计算，但对于网络而言，连通路只有通与不通两种状态，因此可以将网络抗毁性定义为源点至目标点之间至少建立一条连通路径的概率，见公式 1，其中 n 为连通路径数。

$$Inv = \frac{2^n - 1}{2^n} \tag{1}$$

将三端数据源视连通性为 1 的节点，用节点和边表示两个网络的拓扑结构，可以得到的图 5。分别对其进行网络路径计算可知，优化前的网络最短路径为 5，且仅有 2 条连通路径；优化后网络最短路径仍然为 5，但连通路变为 6 条。那显而易见的是优化前网络的抗毁性为 0.75，而优化后的网络抗毁性为 0.98，整个网络的可靠性得到了显著提升。

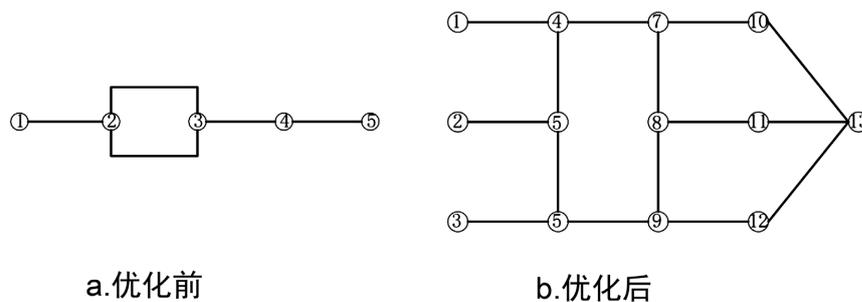


Figure 5. Schematic diagram of connected path
图 5. 连通路径示意图

4. 无线备份网络方案

有线网络在建设过程中受诸多限制，很少采用全连通的方式，但无线网络摆脱了线材的束缚，在覆

盖范围内, 可以将所有设备视为连通的, 其网络为全连通网络。因此在自动气象观测系统对网络的进一步优化过程中, 考虑搭建无线传输网络, 作为备份网络, 进一步提高其网络稳定性。在无线网络设计过程中以往通常采用微波通讯的模式, 但随着 5G 技术的发展, 无线网络设计有了更好的选择。

4.1. 无线传输方式

4.1.1. 微波通讯

微波通信是用微波频率作为载波携带信息, 通过无线电波空间进行的一种“接力”式(中继)通信, 具有传输容量大、投资小、建设周期短、抗灾能力强, 并且便于跨越江河湖泊(即不受地理条件的限制)等优点[5]。但其缺点也十分明显, 由于微波频率高、波长短, 具有“似光性”, 所以微波都是按直线传播, 极易受到障碍物的遮挡干扰, 网络稳定性难以得到保障, 并不适合在机场区域内部署。

4.1.2. 5G 通讯

5G 也就是第五代移动通信技术, 2015 年 6 月, 国际电信联盟(ITU)将 5G 正式命名为 IMT-2020, 并且把移动宽带、大规模机器通信和高可靠低时延通信定义为 5G 主要应用场景[6]。与 4G 相比, 5G 更加关注于实现网络的容量更高、数据速率更快、端到端时延更低、建设成本更低、更大规模的设备连接和更好的用户体验质量。

随着 5G 技术的成熟, 国内 5G 布网速度不断加快, 网络覆盖率也大大提高, 5G 网络高速率、大带宽、高可靠性等特性已在很多应用中得到体现, 在一定程度上 5G 通讯已经可以和有线通信媲美甚至更优。文献[7]介绍了一种 5G 智能网关路由器, 实现了有线链路和 5G 链路智能切换。当智能网关检测有线故障断开时会自动将有线网络切换为 5G 网络, 确保数据网络可用, 当检测到有线线路恢复时再自动切换为有线模式。

4.2. 基于 5G 通讯的备份网络方案

基于上述研究, 本文设计的 5G 通讯自动气象观测系统备份网络传输方案其核心思路是在现有的网络结构上再增加一条 5G 通讯线路, 其网络结构如图 6 所示。该结构并未改变原有网络结构, 只需要在每条链路中增加一对 5G 智能网关路由器, 通过 5G 链路和有线链路的自动切换, 使用已有商用 5G 网络, 而并不需要其它额外的网络建设, 实现备份网络的搭建。关于备份网络的连通性, 可以将商用 5G 网络视为一个节点, 同时其节点连通性可视为无限趋近于 1。

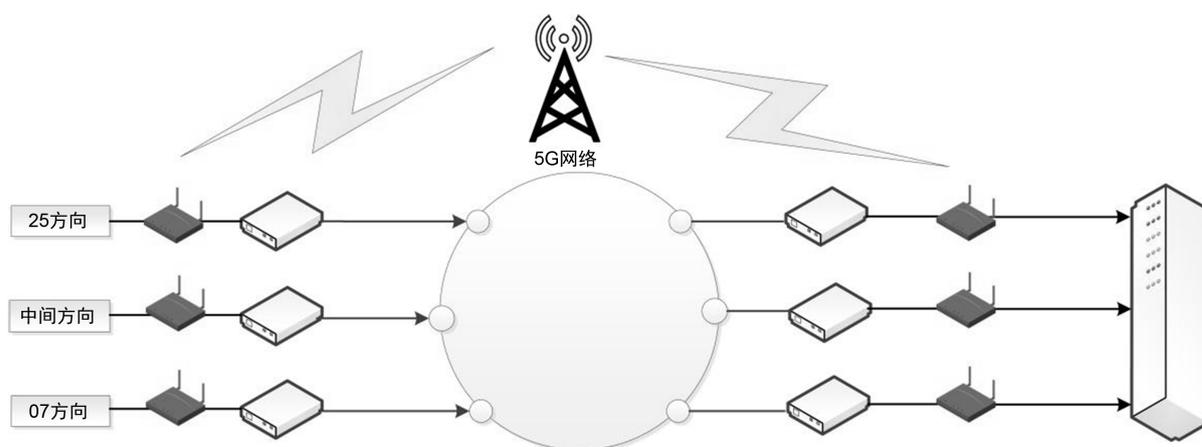


Figure 6. Schematic diagram of backup network based on 5G

图 6. 基于 5G 通讯的备份网络示意图

5. 结束语

由于网络可靠性作为系统运行的基础,因此文章通过抗毁性,对新疆空管局自动气象观测系统网络优化前后的可靠性进行评估对比。通过分析可知,连通路径数的增加对网络可靠性的提升有显著影响,在网络设计过程中应尽可能采用全连通网络的设计思路,为重要数据搭建多条连通路路径的拓扑结构。在此基础上,文章提出了为自动气象观测系统网络建设无线备份网络的方案,通过智能 5G 路由设备,实现网络中 5G 和有线通讯模式的自动切换,进一步提高系统可靠性。随着 5G 技术为代表的无线通讯技术的不断发展成熟,未来其在民航气象数据网络建设过程中会得到更多的应用,其网络复杂性也会进一步提高,如何在有限成本内提高其网络可靠性值得进一步研究。

参考文献

- [1] 黄宁,伍志韬.网络可靠性评估模型与算法综述[J].系统工程与电子技术,2013,35(12):2651-2660.
- [2] 饶育萍,林竞羽,侯德亭.基于最短路径数的网络抗毁评价方法[J].通信学报,2009,30(4):113-117.
- [3] 李珂,王金凤,杨丽徙,郭清海,娄北,杨金锋.基于多场景抗毁性分析的配电网网络结构优化[J].电力系统自动化,2014,38(1):34-37+81.
- [4] Vaisala (2005) Midas Communication Unit MCU111 USER'S GUIDE. M210521EN-B.
- [5] 白杉.微波通信的回顾与展望[J].电力系统通信,2002(6):25-28.
- [6] 张平,陶运铮,张治.5G若干关键技术评述[J].通信学报,2016,37(7):15-29.
- [7] 王斌,王建国,黄小春.高可靠性网络冗余备份技术及应用[J].长江信息通信,2021,34(8):97-101.