



# 网络管理自动化中 闭环形成的概念

## Closed Loop in Autonomous Network Management

孟洛明 / MENG Luoming

(北京邮电大学, 中国 北京 100876)  
(Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

DOI: 10.12142/ZTETJ.202004009

网络出版地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20200728.1354.004.html>

网络出版日期: 2020-07-28

收稿日期: 2020-06-15

**摘要:** 通过对网络管理自动化研究发展历程的回顾与思考, 提出了网络管理自动化中闭环形成的概念。闭环形成技术是网络管理自动化研究的基础性工作, 其中有两项关键技术: 网络控制自动化和闭环调用。系统地解决闭环形成问题目前还有很多工作要做。

**关键词:** 网络管理; 网络管理自动化; 闭环

**Abstract:** The concept of closed loop in autonomous network management is proposed through the review and reflection of the development course of network management automation research. Closed loop in autonomous network management is the basic work of network management automation research, which includes two key technologies: network control automation and closed loop invocation. There is still much work to do to solve the closed loop problem systematically.

**Keywords:** network management; autonomous network management; closed loop

降低成本、改善性能和保障运行是网络管理系统建设始终追求的目标。从 21 世纪初开始, 人们逐渐认识到进一步降低成本, 改善性能, 需要提高网络管理的自动化程度。此后, 经历了 20 余年的发展, 相关技术的不断出现持续推动着网络管理自动化技术的进步。

### 1 网络管理自动化的发展过程

#### 1) 基于策略的网络管理

早期的网络管理自动化是基于策略的网络管理<sup>[1]</sup>。该管理方式是指, 在不对网络管理系统重新编码且在其在线运行的情况下, 动态改变网络管理系统, 从而提高网络管理的自动化程度。

#### 2) 基于智能的网络管理

随着研究的不断进展, 人们发现在大规模的网络环境下, 基于策略的网络管理会产生策略冲突, 尤其是在复杂的环境中。网络环境越复杂, 策略冲突就越严重。在这种情况下, 需要提高网络管理自动化的程度。因此, 从 21 世纪初起, 基于智能的网络管理逐渐成为研究热点<sup>[2]</sup>。

基于智能的网络管理是指, 通过将网络管理领域专家的经验总结为知识, 形成知识库, 然后基于该知识库进行网络管理。采用这样的方法, 同样可以在不对网络管理系统重新编码且在其在线运行的情况下, 动态改变网络管理系统, 从而提高网络管理的自动化程度。

#### 3) 自主管理的网络管理

随着研究的深入, 人们遇到了和基于策略的网络管理类似的问题: 将网络管理领域不同的专家经验总结为统一的知识表示是一件相当困难的事情。同时, 由于网络管理系统建设具有周期性的特点, 在一个新网络对应的网络管理系统建设的初期, 专家的经验还不能及时被总结出来。

在基于智能的网络管理研究时期, 在欧盟 FP7 和 H2020 的支持下, 研究人员开展了基于自主管理的网络管理的研究<sup>[3]</sup>。自主管理的基本思想是让网络本身具有管理能力, 其目标是实现 5S (自感知、自配置、自保护、自优化、自修复), 并在异构无线接入网、软件定义网络 (SDN)、网络

功能虚拟化 (NFV) 等网络上开展具有 2S 或 3S 的初步验证性实验, 同时在 5G 等新型网络上探索具有自主管理能力的体系结构<sup>[4]</sup>。有关实验显示: 自主管理能够在自感知方面有较好的效果, 但网络管理自动化程度总体上并无明显提高。

#### 4) 基于深度学习的网络管理

在图像、语音、自然语言处理方面取得重要进展的深度学习方法也逐渐被业界关注。初步的实验表明: 深度学习在故障管理和性能管理预期有比较好的效果, 但总体上网络管理自动化程度并无明显提高, 特别是需要海量的训练数据也是一件比较困难的事情。

以上几种方法的共同特征是:

1) 提出了一种基于 X1 的网络管理自动化方法, 可以很快地将网络管理自动化程度从零提高到一定程度; 但到达一定程度后, 想再进一步提高就显得困难。

2) 又提出了一种基于 X2 的网络管理方法, 又可以很快地将网络管理自动化程度从零提高到一定程度; 但到达一定程度后, 想再进一步提高还是显得非常困难。

以上过程一遍一遍地重复, 似乎存在一个天花板, 只要碰到这个天花板, 自动化程度就很难再提高了。

这个现象引起我们对网络管理自动化的思考: 如果有一个天花板的话,

那么这个天花板是什么?

## 2 网络管理自动化中闭环形成的概念

在早期, 网络管理面对的是单一网络的简单环境, 执行的是一些简单重复的操作; 而现在, 网络管理面对的是叠加 / 混合 / 综合 / 融合 / 异构的复杂环境, 执行的是一些复杂精细的操作。虽然发生了如此大的变化, 但网络管理过程并没有发生变化, 仍旧是 3 个基本操作: 监视、分析和控制。

实现网络管理过程的一般方法是先对规划的网络管理功能确定管理参数, 再确定管理参数的管理指标, 然后对管理指标进行监视、分析和控制。例如, 在故障管理中, 监视就是故障监视, 采用主动或被动的方式, 实时或周期地收集告警事件; 分析就是故障定位, 根据告警事件进行故障定位; 控制就是故障恢复。如果能够进行故障管理的自动化, 这 3 个操作应当形成闭环, 即故障管理闭环。故障管理闭环的示意如图 1 所示。

目前的各种网络管理方法主要是为了提高这 3 个管理操作中某个操作的质量或效率, 并没有解决管理操作形成闭环这个技术难题。例如, 故障管理的故障监视中采用的各种方法, 就是从海量事件中过滤出告警事件, 然后将大量重复的告警事件收敛为可供分析的有效告警事件。目前使用的

各种方法就是提高过滤和收敛的质量或效率。

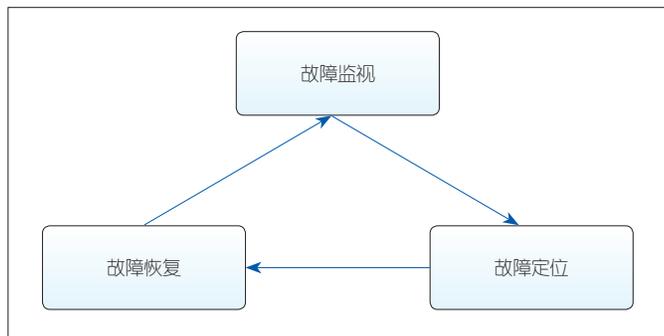
因此, 提高网络管理自动化程度就是要提高形成闭环的程度, 其中有两项关键技术问题: 一是实现网络控制自动化 (网络管理过程中控制操作的自动化), 二是闭环调用技术。

网络控制自动化的难点是网络控制结果存在不确定性。网络在运行的情况下, 特别是在不正常的情况下, 如果改变网络配置, 结果则存在不确定性。目前在自配置、自保护、自修复等方面主要有两种办法: 一种是启动备用 (保护) 部件, 另一种是部件升级。

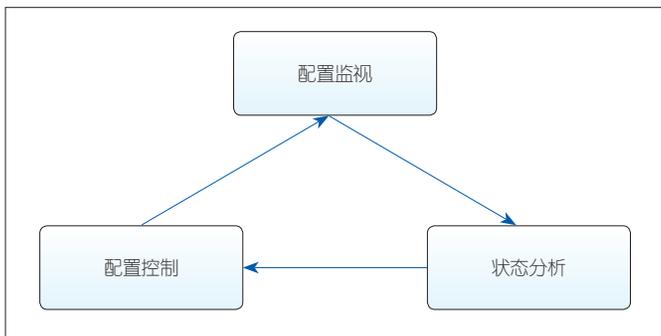
启动备用 (保护) 部件实质上没有对网络配置进行改变, 只是在线更换了相同配置的部件。

部件升级实际上是网络扩容的常用方法。在网络扩容时进行部件升级, 一般选择在网络稳定、低载时有计划地进行。在实施网络控制进行部件升级时, 实现网络稳定和低载, 常用的方法就是部分降级和阻塞部分用户, 但这都有可能产生部件升级原因的正反馈, 从而增加网络控制结果的不确定性。

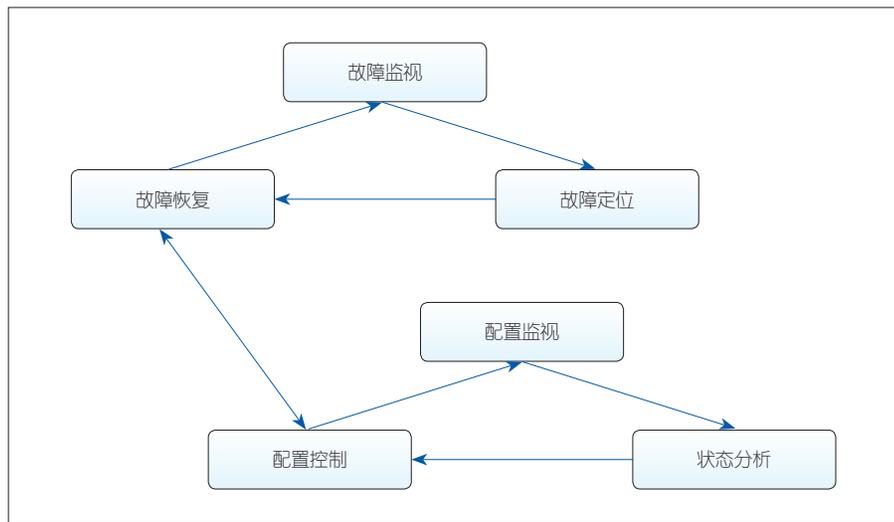
闭环调用是一个闭环调用另一个闭环。例如, 在故障管理闭环的故障恢复操作中, 故障管理的资源中不足以保证故障恢复的质量, 需要通过配置管理改变配置, 以提高故障管理中资源的数量。在这种情况下, 就需要



▲图 1 故障管理闭环



▲图 2 配置管理闭环



▲图 3 闭环调用过程示意图

故障管理闭环中的故障恢复调用配置管理闭环中的配置控制。

配置管理闭环的示意如图 2 所示，闭环调用的过程如图 3 所示。

图 3 显示的是最大管理功能粒度，但实际闭环的管理功能粒度要小得多，因此实际闭环调用也就复杂得多。

通常用闭环调用图来表示闭环调用的关系。在闭环调用图中，结点表示一个闭环，如果一个闭环调用另一个闭环，那么这两个闭环对应的两个结点是邻接结点。

在使用闭环调用图时，闭环调用中的一些判定问题，如闭环调用循环、闭环调用死锁、闭环调用嵌套等，就可以转化为对图或子图的处理。

### 3 结束语

网络管理自动化研究面临着巨大的技术挑战，迫切需要研究人员开展网络管理自动化方面系统性、长期性的研究，其中基础性的工作是闭环形成技术。系统解决闭环形成问题还有较长的路要走。

### 参考文献

- [1] COX M D J, DAIVSON R G. Concepts, activities and issues of policy-based communications management [J]. BT technology journal, 1999, 17(3): 155-162
- [2] JENNINGS B, MEER S V D, BALASUBRAMANIAM S, et al. Towards autonomic management of communications networks [J]. IEEE communications magazine, 2007, 45(10):112-121
- [3] EU FP7. EU FP7 project SEMAFOR (Self-management for unified heterogeneous radio access networks)[EB/OL].[2020-07-07]. <http://fp7-semafour.eu>
- [4] NEVESA P, CALEA R, COSTAA M, et al. Future mode of operations for 5G - The Selfnet approach enabled by SDN/NFV [J]. Computer standards & interfaces, 2017, 54(4): 229-246. DOI: 10.1016/j.csi.2016.12.008

### 作者简介



孟洛明，北京邮电大学教授、博士生导师，北京邮电大学学术委员会主任，国家级有突出贡献的中青年专家，国家杰出青年科学基金资助获得者，“长江学者计划”特聘教授，国家“973”计划项目首席科学家，国家自然科学基金创新

研究群体带头人；长期从事通信网和网络管理方面的研究工作；研究成果获国家科技进步二等奖 2 次。