



NFV 故障关联及故障自愈方案研究

毛斌宏, 阳志明

(中国电信股份有限公司广州研究院, 广东 广州 510630)

摘 要: 利用 NFV 实现电信网络设备软硬件解耦, 摆脱了对专用硬件设备的依赖, 并能利用 NFV 资源共享、自动部署、弹性伸缩等特性, 但同时也带来了故障点多、故障定位分析困难等问题, 导致 NFV 网络的运营维护难度增加。分析了 NFV 故障处理的流程及故障关联方案, 为 NFV 场景下的故障定位处理提供指引。同时给出了 VNF 故障自愈实现方案, 利用 VNF 特性, 实现网元及业务自愈, 提升自动化运维能力。

关键词: NFV; MANO; 故障关联; 故障自愈

中图分类号: TP393

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2017261

Research on NFV fault association and fault self-healing

MAO Binhong, YANG Zhiming

Guangzhou Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Guangzhou 510630, China

Abstract: NFV implements the hardware and software decoupling of telecommunications network equipment, gets rid of the dependence on dedicated hardware equipment. NFV brings benefits such as resource sharing, automatic deployment, flexibility and other features, but it also brings some problems such as more fault points, difficult fault analysis and so on. It results in NFV network operation and maintenance more difficult. The NFV fault process and fault association were analyzed, and guidance for fault location processing in NFV was provided. At the same time, the VNF fault self-healing implementation scheme was given to realize the network element and service fault self-healing, and improve capability of automatic operation and maintenance.

Key words: NFV, MANO, fault association, fault self-healing

1 引言

SDN (software defined networking, 软件定义网络)/NFV (network function virtualization, 网络功能虚拟化)是当前电信网络技术研究的热点之一, NFV 通过使用 x86 等通用性硬件以及虚拟化技术, 承载通信网络处理功能, 使网络设备功能不再依赖于专用硬件、资源可以灵活共享, 实现

新业务的快速开发和部署, 并基于实际业务需求进行自动部署、弹性伸缩等。参照 ETSI NFV 系统架构, 如图 1 所示, 虚拟化实现了底层物理设备和上层操作系统、应用程序的解耦, 而 MANO (management and orchestration, 管理和编排)则提供一个可管、可控、可运营的服务提供环境, 使得底层基础设施可以便捷地提供给应用。MANO 实现 NS (network service, 网络服务)及

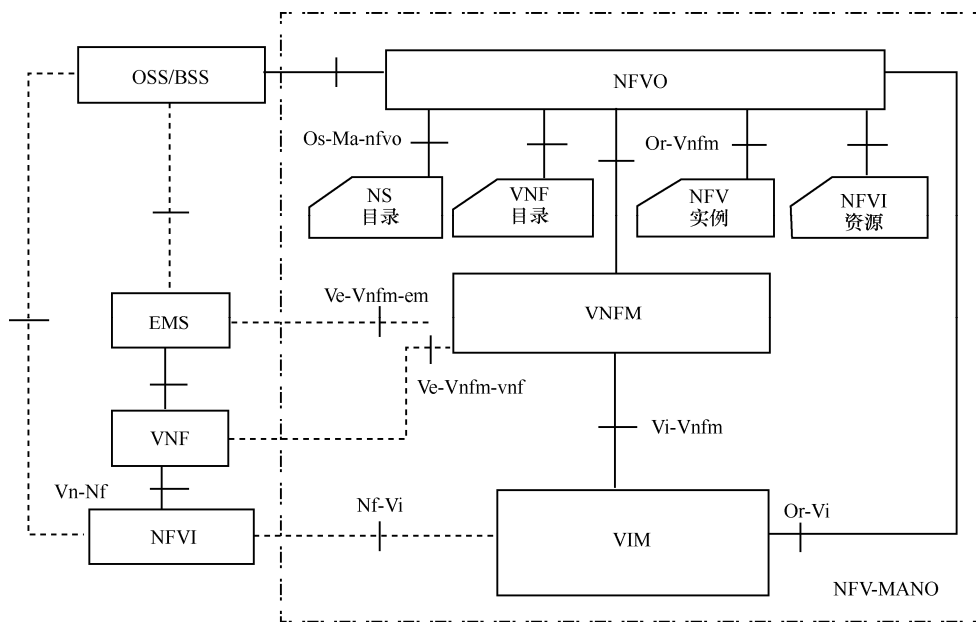


图 1 NFV 系统架构

VNF (virtual network function, 虚拟网元功能) 生命周期管理相关的业务部署、资源调度和运维管理功能。

MANO 包含 3 个功能模块：NFVO (NFV orchestrator, NFV 编排器)、VNFM (virtual network function management, 虚拟网元功能管理) 和 VIM (virtualized infrastructure management, 虚拟化基础设施管理)。

- **NFVO**: 主要负责跨 VIM 的 NFVI 资源编排及 NS 的生命周期管理。
- **VNFM**: 主要负责 VNF 的生命周期管理, 包括 VNF 实例化、VNF 弹性扩缩容、VNF 终止等。VNFM 一般分为通用 VNFM 和专用 VNFM, 其中专用 VNFM 可以部署多个, 一个专用 VNFM 可以管理同一厂商的多个 VNF。
- **VIM**: 主要负责管理一个或多个 NFVI-POP 中的 NFV 基础设施资源。NFVI-POP 是指部署了计算、存储、网络资源, 符合运营商 NFV 硬件和虚拟化技术要求, 由 NFVI 管理系统统一管理, 提供 VNF 业务承载能力的局站。

NFVO、VNFM 和 VIM 这 3 个功能模块在逻辑上独立, 可通过标准接口互通, 在实际部署时可根据需要分设或合设。此外, MANO 还定义了实体模块之间的接口, 包括: NFVO 与 VNFM 的接口 (Or-Vnfm)、NFVO 与 VIM 的接口 (Or-Vi)、VNFM 与 VIM 的接口 (Vi-Vnfm)、NFVO 与 OSS 的接口 (Os-Ma-nfvo)、VNFM 与 EMS 的接口 (Ve-Vnfm-em)、VNFM 与 VNF 的接口 (Ve-Vnfm-vnf)、VIM 与 NFVI 的接口 (Nf-Vi)。

NFV 的引入一方面带来了资源共享、网络快速部署的优势, 但同时也带来了新的问题。随着软硬件解耦, 相对于传统软硬件一体化设备而言, 网元及业务的故障定位、分析、处理的难度会增加。当 NFV 出现故障后, 故障信息可以是几个不同的故障源: 物理资源故障 (即 NFVI 的物理计算、存储和网络相关的故障)、虚拟资源故障 (如虚拟化层或 VM 相关故障) 和应用故障 (即 VNF 应用软件及功能相关故障) 等。NFV 虚拟网元相对于传统软硬件一体化网元设备, 在故障管理方面主要有两大差异: 一是故障点多, 传统网元设备软硬件故障、业务故障都通过同一厂商的设备网管 EMS 采集和上报, 故障定位比较明确; 而



NFV 虚拟网元硬件资源层、虚拟化层、应用软件层、业务逻辑层都可能产生故障。二是故障管理功能分散，传统设备通过网元—EMS—NMS (OSS) 的层次进行处理；而 NFV 网络，在原有处理功能基础上，增加了 MANO 的故障处理功能，分别负责 NFVI 层的硬件资源、虚拟资源故障以及 VNF 故障和 NS 故障。因此，本文将重点研究 NFV 场景下故障处理流程及故障关联方案，同时，由于 NFV 具备动态部署、弹性调整的特性，还要研究 NFV 故障情况下如何实现 VNF 故障自愈、网元及业务的自动恢复，提升自动化运维能力和业务可用性。

2 NFV 故障关联方案

2.1 NFV 故障处理流程

NFV 分层解耦后，每一层都会产生告警，仅靠单一层面很难进行故障定位，例如，一个网卡

出现故障，会引起相关 VIM 层的告警和操作系统层面的告警，也会产生网络层面的告警以及业务层面的告警，这些告警由不同层面采集和监控，如何进行故障关联分析和处理，需要有完善的 NFV 故障采集、故障定位和故障处理流程。

NFV 故障告警主要分为 NFVI 层物理资源告警、虚拟资源告警、虚拟网元告警和业务层告警。NFV 故障管理流程示意如图 2 所示。

NFV 故障管理流程的主要步骤如下。

- VNFM 接收与该特定 VNF 实例相关的虚拟化基础设施故障 (1a)。NFVO 接收与该特定 VNF 无关的基础设施故障 (1b)。
- VNFM 可对某些所选事件执行其自身的故障相关性分析。
- VNFM 可以将与该特定 VNF 实例的相关故障信息转发到其他不同的故障关联点，主要是 EMS (3a) 和 NFVO (3b)。

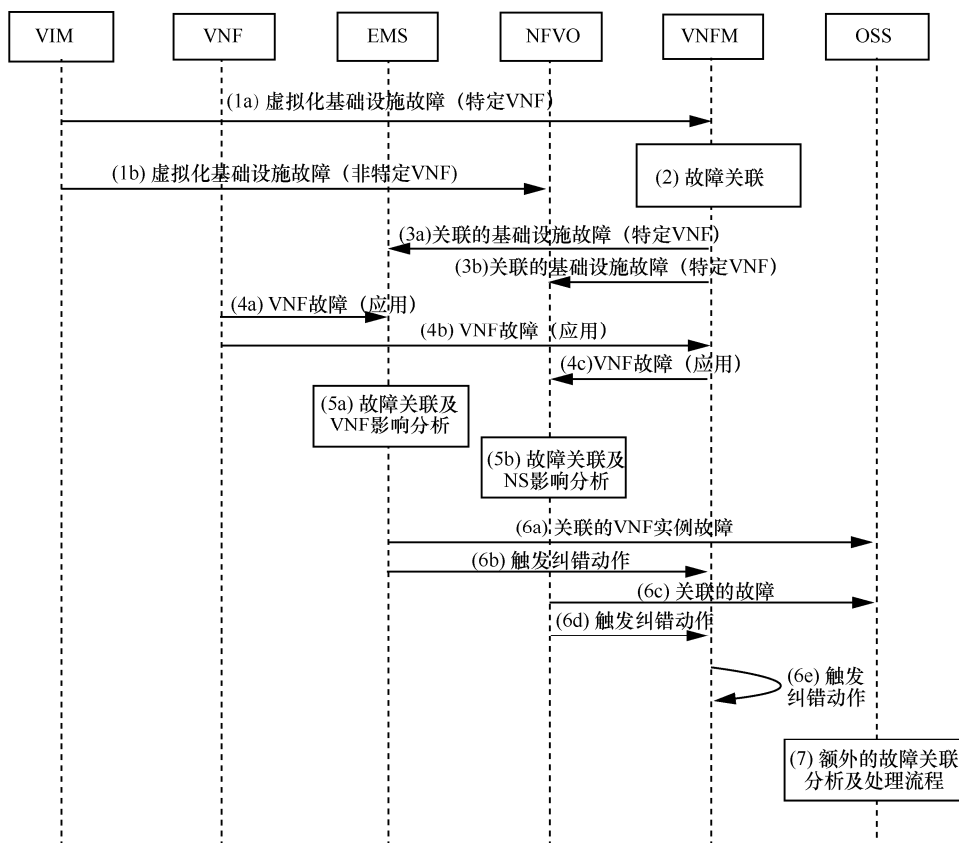


图2 NFV 故障管理流程示意

- VNF 实例可以将应用层故障发送到不同的关联点, 主要是 EMS (4a) 和 VNFM (4b)。VNFM 可以进一步将故障信息转发到 NFVO (4c)。
- 故障相关性分析可能发生在任何故障关联点。EMS 可以执行故障相关性分析以确定根原因和对 VNF 的影响 (5a)。NFVO 可以执行故障相关性分析以确定根原因和对网络服务的影响 (5b)。
- 可以在不同的故障关联点处发起解决故障动作。
- 在 OSS 中可能发生额外的相关性分析和处理流程。

当相同故障原因的告警信息由多个告警源产生时, 需要对这些信息进行关联分析。在 NFV MANO 架构中, 这种相关性分析可能发生在多个地方: EMS、VNFM、NFVO 或 OSS。一旦确定了故障关联点, 其他功能单元必须能够将故障信息转发到故障关联点, 如 VIM 负责收集 NFVI 物理资源和虚拟资源告警并进行转发; EMS 负责收集 VNF 产生的业务告警并进行转发。

2.2 NFV 故障关联分析

NFV 框架中不存在唯一的故障关联点或故障处理点。例如, 某些故障相关性分析和故障处理在 VIM 中执行, 而另外一些故障处理可能在 NFVO、VNFM 或 EMS 中执行, 具体取决于故障本身的类型和层级。NFV 架构中, 每一个管理单元负责不同层级、不同类型的告警采集和故障关联, 如图 3 所示。

NFV 框架中需要根据故障类型确定故障关联点和故障处理点, 每一个管理单元负责不同的告警采集和故障关联。

- VIM 负责收集虚拟资源告警与物理资源告警, 并进行关联, 以确定资源故障影响范围。
- VNFM 负责收集虚拟资源告警与相应的 VNF 网元告警, 并与 VNF 生命周期告警关联, 以确定网元实例影响范围。
- EMS 负责收集 VNF 业务告警与 VNFM 上报的关联后的虚拟资源告警, 并进行关联 (即基础设施与应用关联), 以确定业务影响范围。
- NFVO 负责收集虚拟资源、物理资源告警以及 VNF 生命周期相关告警, 并进行关联,

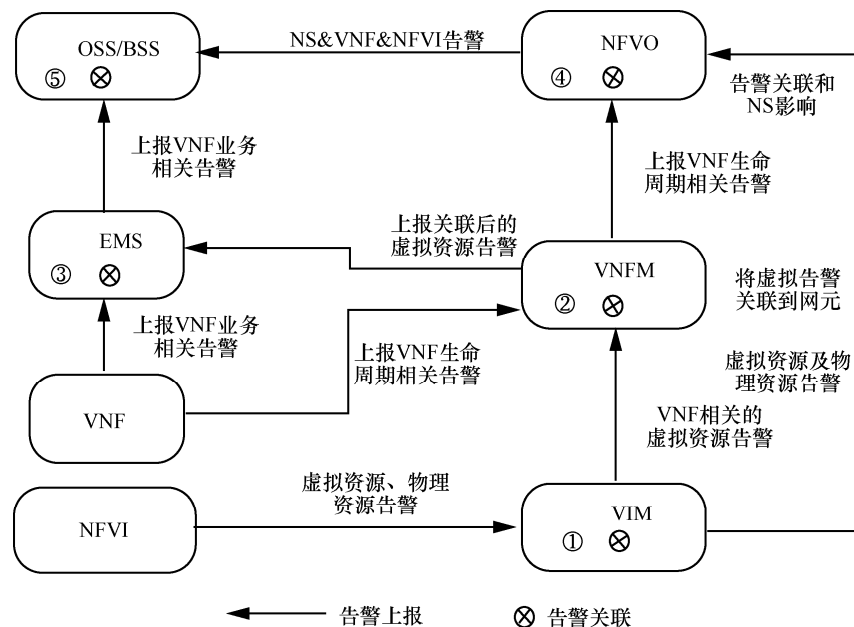


图3 NFV故障关联示意



以确定 NS 的影响范围。

- OSS 或新一代网络运营系统负责收集 VNF 业务告警、NS 生命周期告警、VNF 生命周期告警、NFVI 重要告警，并进行关联，以确定网络影响范围、业务影响范围及客户影响范围。

基于以上分析，NFV 故障管理中采用“逐层关联、分类管理”的原则，即物理资源、虚拟资源、虚拟网元、网络服务垂直逐层关联，资源故障、业务故障分类管理，这是 NFV 故障管理应采取的基本维护管理思路，需要通过分层协同的方式处理 NFV 运行监控和故障处理。例如，某个虚拟网元的业务单元出现异常，首先进行应用进程重启，而如果是整个虚拟网元出现异常，则可能会触发 VNF 实例生命周期管理流程（例如 VNF 扩缩容、VNF 终止）或 NS 实例生命周期管理流程（例如网络服务终止）的操作以实现故障恢复。

2.3 业务与资源故障关联实现方案

参照 ETSI NFV 架构及相关实体职责分工，MANO（包括 VIM、VNFM、NFVO）主要负责

资源域的告警监控与处理，VNF-EMS-OSS 主要负责业务域的告警采集与处理。而当资源域与业务域告警信息需要关联时，目前业界一般有以下两种实现方案。

方案一：OSS 负责业务与资源故障关联

方案一如图 4 所示，EMS 负责网元层级的业务告警（从 VNF 收集）与资源告警（从 VNFM 收集）的关联。OSS 负责业务层级的业务告警（从 EMS 收集）与资源告警（从 NFVO 收集）的关联。这种方案与现有的电信网络运营维护体制相适应，能够将新的 NFV 网络融入传统 OSS 进行管理，最终实现新旧网络一体化运营维护。

方案二：NFVO 负责业务与资源故障关联

方案二如图 5 所示，EMS 负责网元层级的业务告警（从 VNF 收集）与资源告警（从 VNFM 收集）的关联。NFVO 负责业务层级的业务告警（从 EMS 收集）与资源告警的关联。这种方案需要对 ETSI 定义的 NFVO 功能框架进行功能扩展，统一管理 NFV 网络的业务编排、资源调度及运营维护，不需要与传统 OSS 发生关联，即“新网新

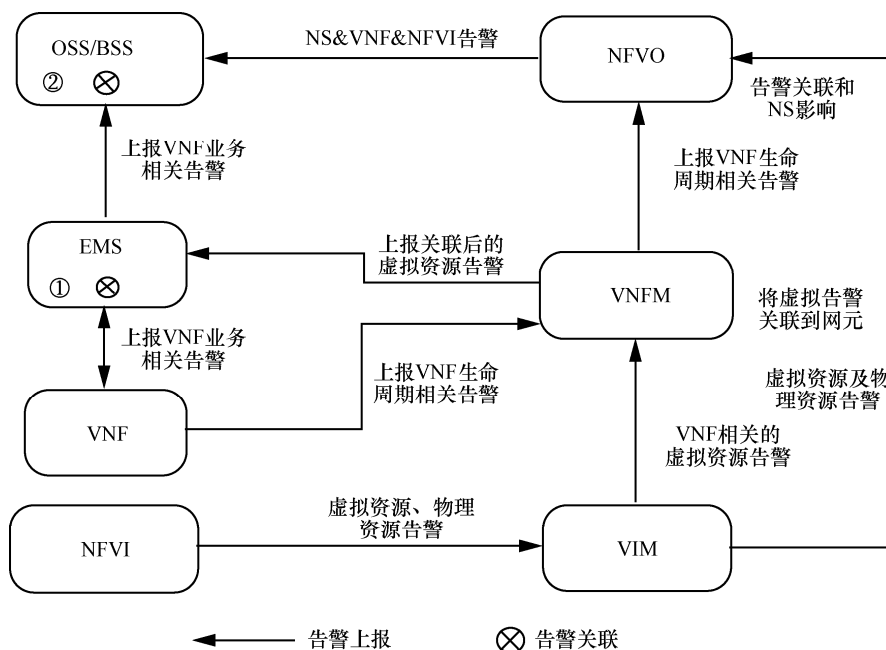


图 4 OSS 负责业务与资源故障关联

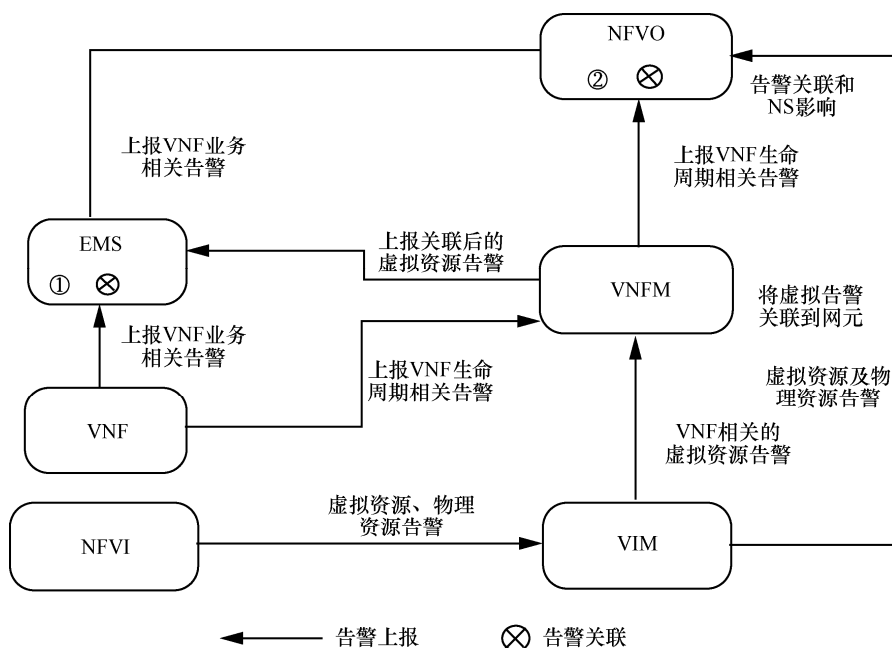


图5 NFVO 负责业务与资源故障关联

思路”的办法。这种方案简化了故障处理流程，有利于实现故障处理流程的快速启动和基于策略的故障恢复及故障自愈。

从NFVO功能要求、故障处理效率、运营模式、EMS要求等方面对上述两种方案进行对比分析，见表1。

上述两种方案各有优劣，如果需要兼顾传统网络与NFV新网络一体化运营，则建议采用方案一；如果需要提升NFV网络告警处理效率，则建议采用方案二。

2.4 分层故障处理方案

故障采集上报、关联分析需要逐层分解、逐层关联，同样，故障处理也需要采用逐层处理的

方案，如图6所示。

NFV架构中各功能实体分别负责相关故障的处理。

- EMS负责VNF业务故障处理。
- EMS根据策略向VNF发起配置变更操作。
- OSS负责业务、网络故障处理。
- OSS通知EMS对相应VNF网元进行调整。
- OSS通知NFVO对相应NS、VNF生命周期及其资源进行调整。
- NFVO负责NS故障处理以及与网络相关的物理资源、虚拟资源故障处理。
- NFVO基于策略调整虚拟资源或物理资源。
- VNFM负责VNF生命周期相关故障处理。

表1 业务与资源告警故障关联方案对比分析

对比分析	方案一：OSS 负责业务与资源故障关联	方案二：NFVO 负责业务与资源故障关联
NFVO 功能要求	遵循 ETSI MANO 框架所定义的要求，NFVO 只负责资源层的告警处理	NFVO 需要进行功能扩展，增加 VNF 业务告警处理和关联分析
故障处理效率	MANO 需要与 OSS 协同处理，降低告警处理效率	故障处理流程缩短，MANO 内部实行告警闭环，处理效率高
运营模式	新旧网络一体化运营	NFV 网络基于 MANO 统一运营维护，与现有传统网络分离
对 EMS 要求	对厂商网管 EMS 有明确要求	可以不需要 EMS，直接通过 VNF 收集业务告警数据

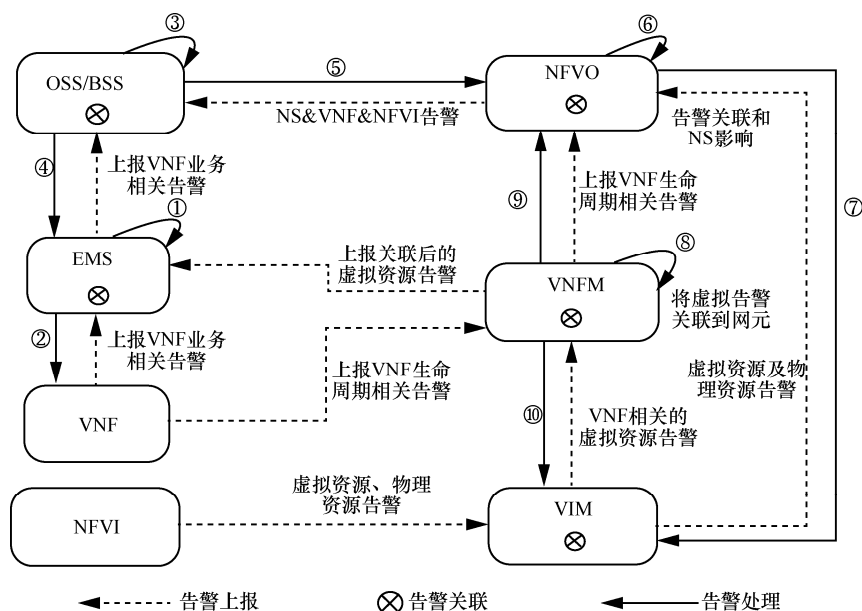


图6 NFV 分层告警处理方案

- VNFM 基于策略需要对虚拟资源进行调整时，通知 NFVO（间接模式）。
- VNFM 基于策略需要对虚拟资源进行调整时，通过 VIM 实现（直接模式）。

因此，NFV 在故障处理时，首先需要分析故障类型（资源故障或业务故障）和故障影响范围（单网元故障或业务级故障），再确定合适的故障处理流程，快速定位故障，并基于策略实现故障修复或故障自愈。

3 故障自愈方案

传统电信网络设备的告警采集监控是自动化处理过程，而故障修复一般需要转入人工线下处理，因此故障监控和故障处理是两个相对独立的处理流程。而 NFV 的引入使得虚拟化网元设备的故障监控与故障处理流程实现了闭环融合，利用虚拟云化资源特性为 NFV 故障自愈创造了条件。

NFV 将软件功能和专用硬件分离，且采用通用的硬件，当硬件出现故障时，应用软件可以自动转移到备份的硬件上重新部署。具体而言，硬

件故障时，该硬件上承载的 VM 转移到备用硬件上，也就是将应用软件重新部署在新的通用硬件上，维持业务的连续性。当 VM 出现故障时，重建 VM 即可。

当 VNF 出现异常时，可以通过 VNF 自愈流程实现自愈，保障 VNF 网元和业务的连续性。

如图 7 所示，基于策略的 VNF 故障自愈有 3 种常见模式。

- VNF 故障自愈：当 VNF 出现异常无法恢复时，则通过 VNFM 发起 VNF 自愈恢复流程，重新实例化部署该 VNF，恢复历史数据，进行 VNF 恢复。
- VNFC 故障自愈：当某个 VNFC 出现异常无法恢复时，则通过 VNFM 删除原有的 VNFC，新建 VNFC 进行恢复。
- VM 故障自愈：当 VNFC 对应的 VM 出现异常时，则通过 VNFM 发起新建 VM，并安装部署相应的 VNFC，实现 VNFC 功能恢复。

以 vIMS 分层解耦部署为例，要求网元及 VNFM 具备故障自动恢复功能，备用模块对应

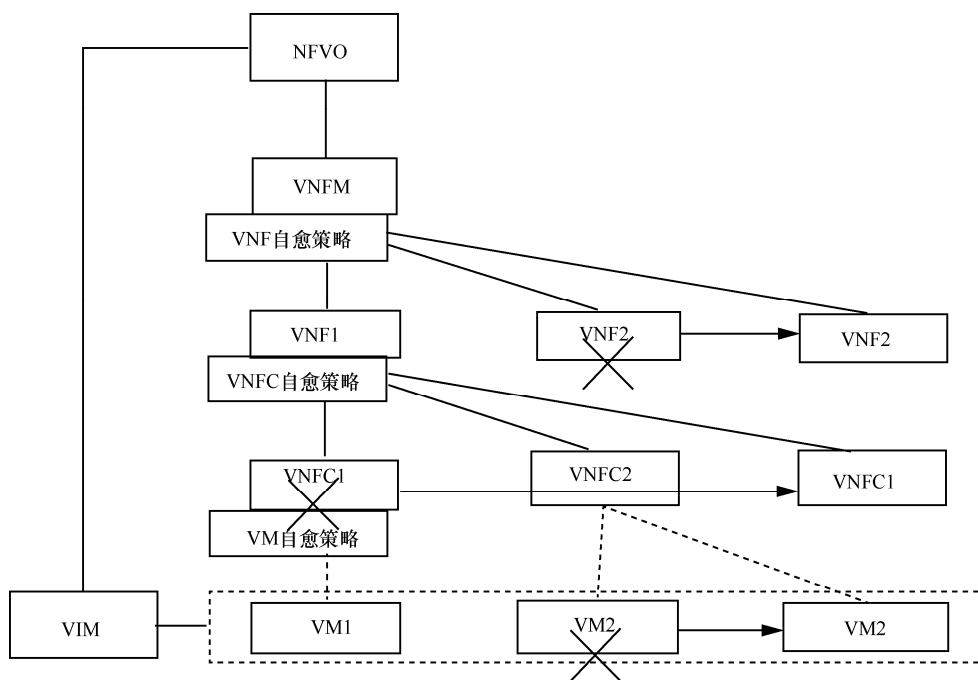


图 7 基于策略的 VNF 故障自愈示意

虚拟机恢复后，vIMS 网元应能恢复对应模块的备用工作状态。在设定时间内，备用模块虚拟机由于物理故障等无法恢复的情况下，VNFM 应能启动虚拟机重建将备用模块对应虚拟机迁移至其他物理机上，并启动部署及配置业务功能。在故障自愈过程中，也对各个环节的处理时限提出了要求。

- 从故障产生到被 VIM 检测出来并上报告警的间隔时间小于 10 s。
- 故障硬件对应的模块业务倒换至备用模块，业务损失时间小于 2 s。
- 在设定时间内虚拟机无法自动恢复，VNFM 能启动虚拟机重建流程，虚拟机能够重建成功，重建时间小于 10 min。

尽管虚拟化基础设施管理平台 VIM 一般具备 VM 迁移的能力（如 OpenStack），但 VIM 主动发起的虚拟机迁移无法实现业务网元连接、业务数据恢复，无法保障业务的连续性，因此一般不建议采用 VIM 发起的主动迁移虚拟机，而是通过 VNFM 或 EMS 根据告警及性能策略触发，由业务层发起

业务级的虚拟机迁移，并恢复相应的业务连接和业务配置，保证业务的连续性。

4 结束语

NFV 为通信网络变革带来了机遇，同时也为未来的网络运维提出了新的挑战。本文分析了 NFV 故障处理的流程及故障关联方案，提出了 VNF 故障自愈实现方案，为 NFV 场景下的故障定位处理、故障自愈提供了基本思路和方法。总体来说，NFV 故障处理需要采用“逐层关联、分类管理”的原则，既分工负责，又统筹协同，充分发挥云化部署弹性可扩展的特性，实现虚拟网元故障自愈，提升自动化运维能力。在此基础上，下一步还需深入研究策略引擎、规则引擎等关键技术，制定分层协同故障处理模式下故障快速定位的方法和机制；研究制定故障自愈策略，提高虚拟网元的自愈恢复能力。

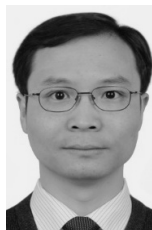
参考文献：

- [1] ETSI. NFV management and orchestration[S]. 2014.

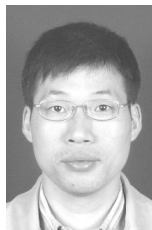


- [2] ETSI. NFV MANO functional requirements specification[S]. 2017.
- [3] ETSI. NFV MANO Or-Vi reference point - interface and information model specification[S]. 2016.
- [4] ETSI. NFV MANO Vi-Vnfm reference point-interface and information model specification[S]. 2016.
- [5] ETSI. NFV MANO Or-Vnfm reference point-interface and information model specification[S]. 2016.
- [6] 赵慧玲, 史凡. SDN/NFV 的发展与挑战[J]. 电信科学, 2014, 30(8): 13-18.
ZHAO H L, SHI F. Development and challenge of SDN/NFV[J]. Telecommunications Science, 2014, 30(8): 13-18.
- [7] 王海宁, 赵慧玲. NFVO 标准和实践[J]. 电信科学, 2017, 33(4): 1-7.
WANG H N, ZHAO H L. NFVO standards and practice[J]. Telecommunications Science, 2017, 33(4): 1-7.

[作者简介]



毛斌宏（1975-），男，中国电信股份有限公司广州研究院高级工程师、高级企业信息管理师，主要研究方向为 NFV MANO 及电信运营支撑系统。



阳志明（1972-），男，中国电信股份有限公司广州研究院高级工程师，主要研究方向为信息与通信技术、运营支撑系统理论与实践。