

# 一种改进型 FNG 状态机的研究及实现<sup>①</sup>

夏方萍 秦会斌 (杭州电子科技大学 新型电子器件与应用研究所 浙江 杭州 310018)

**摘要:** 为了提高网络故障管理系统的效率,结合原有 CFM 技术,采用特殊故障屏蔽机制和告警优先级机制相结合的综合告警管理策略的 FNG 状态机,其设置了故障生命期限和故障再现期限值,增加了打印告警信息前的告警优先级判断。在运行时,杜绝了用户界面的刷屏现象并能打印出三种级别的告警信息。测试结果表明,改进型 FNG 状态机可以突显高级别告警,单次显示重复性故障的告警,不显示短暂性故障的告警,从而减少了网络管理员定位故障的劳动量,提高了工作效率。

**关键词:** 故障管理; FNG 状态机; 告警; 优先级

## Implementation of Improved FNG State Machine

XIA Fang-Ping, QIN Hui-Bin

(School of Electronics & Information, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** To improve the efficiency of network fault management system, an improved FNG state machine is introduced in original CFM technology. Special fault shielding mechanism with alarm mechanism of the priority level is added. The fault life duration and fault reproduction duration are set. The priority level is determined before printing alarm messages. In running, the user interface of the system could print alarm messages with 3 grades, and will not repeatedly print the same warning. Testing results show that the improved FNG state machine can reflect the high-level alarm and single display repetitive fault alarms. It won't show transient fault alarms, thereby reduces the labor amount of network administrator to locate fault, and improves work efficiency.

**Keywords:** fault management; FNG state machine; alarm; the priority level

## 1 引言

网络故障管理在电信、移动、联通等通信运营企业已得到广泛的应用,它主要是通过观察和分析各网元报告的告警信息,准确地定位故障、隔离故障并排除故障<sup>[1]</sup>。其中,网元报告的告警信息就是由 FNG(Fault Notification Generator,故障通知器)状态机来控制。传统 FNG 状态机在进行网络故障的告警时,并不区分故障对整个网络造成的危害性大小,也不考虑故障存在的时间长短,而是只要发生故障就告警<sup>[2]</sup>。针对传统设计的缺陷,本研究在 CFM(Connectivity Fault Management,连通故障管理)中提出并实行了一种特殊故障屏蔽机制和告警优先级机制相结合的 FNG 状态机,做到了及时准确地发现网络运

行中的异常情况,同时测试了此状态机的效率,并给出两种状态机的比较表格。

## 2 CFM原理

本文所研究的 FNG 状态机运行在 CFM 中,CFM 是一种二层链路的、端到端的、基于 VLAN(Virtual Local Area Network,虚拟局域网)的 OAM(Operations、Administration and Maintenance,操作、管理和维护)机制,主要用于二层网络中检测链路连通性、确认故障、并确定故障发生的位置<sup>[3]</sup>。

CCM(Connectivity Check Message,连续性检测消息)是 CFM 中用于检测链路连通性的报文,它由配置在交换机端口上的 MEP(Maintenance associa-

<sup>①</sup> 收稿时间:2009-09-06;收到修改稿时间:2009-10-26

tion End Point, 维护端点)来发送或接收<sup>[4]</sup>。而 MEP 与 FNG 状态机密切相关, 每个 MEP 都拥有自己的 FNG 状态机, 并且只有开启该 MEP 的功能, 相应的 FNG 状态机才会工作。当本端 MEP 丢失 CCM, 收到远端 MEP 发送的错误 CCM 或者交叉 CCM 时, 都会触发 FNG 状态机进行告警。

### 3 传统FNG状态机

#### 3.1 传统 FNG 状态机的工作原理

传统 FNG 状态机由四个状态组成, 如图 1 所示。

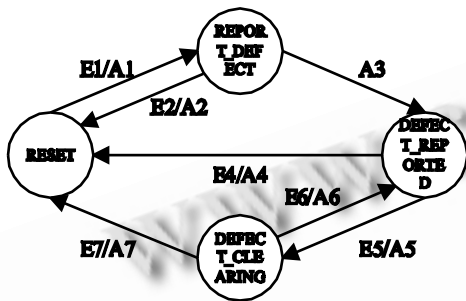


图 1 传统 FNG 状态机

状态转换是状态机中两个状态之间的一种关系, 用带箭头的直线表示。当一个特定 Event(事件)出现时, 如果满足一定的条件, 对象就从第一个状态(源状态)进入第二个状态(目标状态), 并执行一定的 Action(动作)。如果转换上没有标注触发转换的事件, 则表示此转换为自动进行。结合图 1, 传统 FNG 状态机的状态转换描述如下:

- (1) E1: MEP 功能开启, 且网络发生故障。A1: 调用相关函数, 向用户界面发送一次告警信息。
- (2) E2: MEP 功能关闭。A2: 复位 FNG 状态机。
- (3) A3: 没有动作, 只是等待触发事件的到来。
- (4) E4: 同 E2。A4: 同 A2。
- (5) E5: 网络故障消除。A5: 将故障再现期限值 FngRestTime(故障恢复后的最小保持时间, 根据实际情况一般设为 10s)赋给 FngWile(故障通知计时器)。
- (6) E6: FngWile 值不为 0, 即故障消除的 10s 内, 又发生新故障。A6: 同 A3。
- (7) E7: FngWile 值由 10s 降为 0, 即故障消除的 10s 后, 仍没有新故障发生; 或 MEP 功能关闭。A7: 复位 FNG 状态机, 进行新一轮的检测。

#### 3.2 传统 FNG 状态机的缺陷

传统 FNG 状态机有如下几点缺陷:

- (1) 对网络中发生的故障不作区分就直接按时间顺序进行统一的告警, 网络管理员无法辨认故障产生的原因, 给定位故障带来了不便。
- (2) 告警显示界面不够友好, 无法屏蔽一些不重要的、无意义的故障产生的告警, 比如短暂性故障。在屏蔽重复性故障时, 将高级别的故障也屏蔽了。

### 4 改进型FNG状态机

#### 4.1 改进型 FNG 状态机的工作原理

改进型 FNG 状态机在 RESET 和 REPORT\_DEFECT 状态之间增加了 DEFECT 状态, 目的是屏蔽短暂性故障; 增加了告警前对告警级别的判断, 以及 DEFECT\_REPORTED 到 REPORT\_DEFECT 的状态转换, 目的是对不同故障进行不同级别的告警, 如图 2 所示。

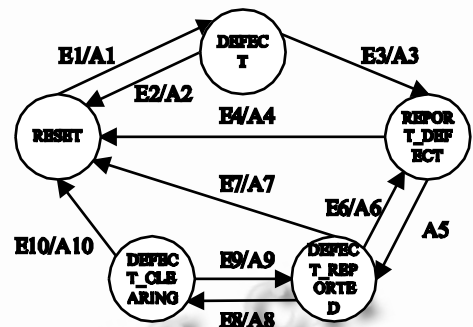


图 2 改进型 FNG 状态机

改进型 FNG 状态机的状态转换如下:

- (1) E1: MEP 功能开启, 网络发生故障。A1: 将故障生命期限值 FngAlarmTime(发出 FNG 告警前故障保持的最小时间, 根据实际情况一般设为 2.5s)赋给 FngWhile。
- (2) E2: FngWhile 值不为 0, 即故障发生的 2.5s 内, 该故障又消除了; 或 MEP 功能关闭。A2: 复位 FNG 状态机。
- (3) E3: FngWhile 值由 2.5s 降为 0, 即故障发生的 2.5s 后, 该故障一直存在。A3: 由变量 FngPriority 记录当前最高的告警级别值; 调用相关函数, 向用户界面发送一次当前最高级别的告警。
- (4) E4: MEP 功能关闭。A4: 复位 FNG 状态机。
- (5) A5: 没有动作, 只是等待触发事件的到来。

(6) E6: 发生新故障, 并且其告警级别比 FngPriority 记录的级别要高。A6: 同 A3。

(7) E7: 同 E4。A7: 同 A4。

(8) E8: 网络故障消除。A8: 将 FngRestTime 赋给 FngWile。

(9) E9: FngWile 值不为 0, 即故障消除的 10s 内, 又发生新故障。A9: 返回到 DEFECT\_REPORTED 状态。

(10) E10: FngWile 值由 10s 降为 0, 即故障消除的 10s 后, 仍没有新故障发生; 或 MEP 功能关闭。A10: 复位 FNG 状态机, 进行新一轮的检测。

### 4.2 改进型 FNG 状态机的优化

#### 4.2.1 告警优先级别选择机制

改进型 FNG 状态机, 在 REPORT\_DEFECT 状态增加了故障对应的告警优先级别选择机制<sup>[5]</sup>, 优点是: ①压制了低级别的告警, 只有当高级别告警对应的故障消除了, 才能显现低级别的告警; ②运行时有新故障发生或者故障消除的 10s 内又发生新故障, 可根据该机制判断其告警级别, 级别高于历史记录值 FngPriority, 则重新返回到 REPORT\_DEFECT 状态再次发出告警。

网络中的故障类型与对应告警优先级别的对应关系如图 3 所示。

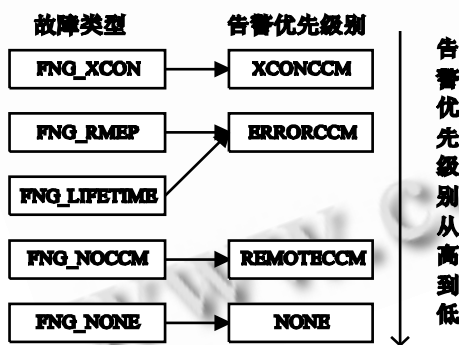


图 3 故障类型与告警优先级别的对应关系

图 3 中的三种故障类型分别是由以下几种网络故障或人工错误配置触发:

(1) MEP 接收到交叉连接 CCM: 故障来源是发送端与接收端的 MEP 所处的级别不一致。

(2) MEP 接收到错误 CCM: 故障来源是 CCM 发送端与接收端的时间间隔配置不一致。

(3) MEP 丢失远端 MEP 发送的 CCM: 故障来源

是 MEP 失效、链路连接有问题或端口处于 down 状态。  
(4) MEP 收发报文正常: 无故障, 不会触发 FNG 状态机的告警。

告警优先级别选择机制描述如下, 注意获取优先级别的代码顺序不可改变:

```
CFM_Fng_GetHighestDefectPriority (* MEP)
{
    if (发生 FNG_XCON 故障,
        即 MEP->XconCcmDefect 为 true)
    {
        return XCONCCM;
    }
    else if (发生 FNG_RMEP 故障 || FNG_LIFETIME 故障,
        即 MEP->ErrCcmDefect 为 true)
    {
        return ERRORCCM;
    }
    else if(发生 FNG_NOCCM 故障, 即 MEP->RmepCcmDefect 为 true)
    {
        return REMOTECCM;
    }
    else
    {
        return NONE;
    }
}
```

#### 4.2.2 短暂性故障和重复性故障的屏蔽机制

改进型 FNG 状态机通过设定 FngAlarmTime、FngRestTime 值并结合告警优先级别选择机制, 在屏蔽了短暂性故障和重复性故障的同时, 保留了高级别告警信息。

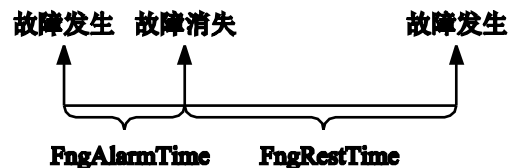


图 4 故障生命周期与故障再现期限的关系

(1) 短暂性故障是指那些产生后在短时间内又会自动消失的一类故障。一般, 不必要进行这类故障的

告警。而在原有设计中，只要故障发生，就必然触发告警，虚警也随之产生，浪费了管理人员不必要的故障检查时间<sup>[6]</sup>。改进型 FNG 状态机通过设定 Fng-AlarmTime 值，屏蔽了短暂性故障。如图 4，当故障发生与故障消失时 FngAlarmTime 仍大于 0，就不触发告警，只有此值降为 0，才打印告警信息。

(2) 重复性故障是指在短时间内重复产生的故障。如处于链路振荡时，设备端口会在 up 与 down 之间来回切换，使得链路中断的故障反复发生<sup>[7]</sup>。传统 FNG 状态机虽然也屏蔽了重复性故障，但它将发生的高级别故障的告警信息也给屏蔽了，这是不符合实际需求的，而改进型 FNG 状态机通过引入告警优先级选择机制解决了这一问题。如图 4 所示，当故障消失与新故障再次发生时 FngRestTime 仍大于 0，就需要建立与告警优先级选择机制的联动功能，根据故障对应的告警级别来进行告警，如果级别比上次的高就告警，否则不告警。

### 5 测试结果分析

表 1 两种 FNG 状态机的比较

		传统 FNG	改进型 FNG	结果分析
<b>短暂性故障</b>		用户界面仍打印告警	用户界面没有打印告警	改进型 FNG 有效屏蔽了短暂性故障
<b>前一故障恢复 10s 内发生:</b>	低级别故障	用户界面没有打印告警		都屏蔽了重复性故障,但传统 FNG 也抑制了高级别的告警,改进型 FNG 却能正常打印
	重复性故障			
	高级别故障	用户界面没有打印告警	用户界面打印告警	
<b>多种故障同时发生</b>		用户界面只打印唯一的告警	用户界面打印了当前最高级别的告警	改进型 FNG 能根据故障类型打印不同的告警

FNG 状态机的测试环境为：某公司的 Comware 网络平台、基于该平台的 CFM 开发环境、S7500E 交换机。主要测试了短暂性故障、重复性故障以及多故

障前提下的告警信息，并和传统 FNG 状态机的测试结果进行了比较。测试条件为：短暂性故障要控制在 2.5s 内恢复，重复性故障要限制在前一故障恢复的 10s 内产生，多故障要保证时间一致。FNG 状态机比较结果如表 1 所示。

### 6 结语

从上表看出，改进型 FNG 状态机运行时，可根据不同级别告警信息快速定位故障发生的真正的物理位置，从而有针对性的采取措施，排除故障，并且在定位故障时不受虚警的影响。因此，改进型 FNG 状态机是一种高效的、实用的状态机，达到了预期的设计要求。不足之处在于没有为新增故障类型预留接口，这一点尚待后续工作的完善。

### 参考文献

- 1 凯斯.网络故障诊断与测试.北京:人民邮电出版社, 2002. 15-33.
- 2 魏勇.电信管理网故障管理系统的设计与实现[硕士学位论文].哈尔滨:哈尔滨工程大学, 2004. 5-13.
- 3 IEEE Std 802.1ag. Virtual Bridged Local Area Networks-Amendment 5: Connectivity Fault Management. New York: Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc, 2007.
- 4 张文芊,廖惠敏.嵌入式网络连通检测器的实现.计算机技术与发展, 2008,18(1):240-242.
- 5 孙华.山东城域网综合网管之故障管理的设计与实现[硕士学位论文].济南:山东大学, 2008. 17-39.
- 6 段祥雯.自适应虚警处理框架研究与实现.计算机应用研究, 2009,26(6):2141-2147.
- 7 Liu Y, Michael Jiang, Raymer D. Adding autonomic capabilities to network fault management system. Proc. of the 10th IEEE Symposium on High Assurance System Engineering (HASE), Dallas, TX, USA, 2007. 373-374.