

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.07.024

## 通信装备故障诊断贝叶斯网络

郭玉鹏, 时和平, 巢蕾  
(西安通信学院研究生队, 西安 710106)

**摘要:** 为满足各通信部队对通信装备技术保障的要求, 提出基于贝叶斯网络的故障诊断方法。分析贝叶斯网络在通信装备故障诊断方面的优势, 以某型通信装备的某故障为例, 研究了通信装备故障诊断贝叶斯网络的建模、参数设置、推理等关键技术。基于 NETICA 软件演示了基于贝叶斯网络的通信装备故障诊断的一般过程, 验证了贝叶斯网络在通信装备故障诊断中应用的可行性与有效性。

**关键词:** 通信装备; 故障诊断; 贝叶斯网络

**中图分类号:** TP277.3 **文献标志码:** A

## Fault-Diagnostic Bayesian Network of Communications Equipment

Guo Yupeng, Shi Heping, Chao Lei  
(Brigade of Postgraduate, Xi'an Communications Institute, Xi'an 710106, China)

**Abstract:** To satisfy the request of communications equipment technical support of communications troops, put forward the faulty diagnostic methods based on Bayesian Network. After analysis the advantages of Bayesian network in the aspect of fault diagnosis of communication equipment, taking certain fault of certain communications equipment as an example, research these key technology, including: the modeling of Fault-diagnosis Bayesian Networks of communication equipment, parameter setting and reasoning, etc. This paper utilizes the software of NETICA to demonstrate the common process of diagnostic methods of fault based on Bayesian network, verifies the feasibility and validity of the applying Bayesian network in the faulty diagnostic methods of the communication equipment.

**Keywords:** communications equipment; fault diagnose; Bayesian network

### 0 引言

通信装备故障诊断是指: 根据测试得到的有用信息, 对被诊断通信装备进行分析与处理, 判断其状态是否处于异常或故障, 确定故障的方位, 以及预示故障的发生等<sup>[1]</sup>。随着战争形态由机械化战争向信息化战争的演变, 通信装备在现代战争中起的作用越来越重要。而通信装备的故障诊断则是装备战斗力生成的重要环节。由于我军通信装备种类繁多, 加之内部部件众多、结构较难准确掌握, 传统的常规故障诊断技术已经难以满足各通信部队对通信装备技术保障的要求。

贝叶斯网络又称为可信度网络、概率网络等, 是一种基于概率推理的有向无环非循环网络, 是人工智能、概率论、图论、决策分析相结合的产物<sup>[2-4]</sup>。贝叶斯网络由节点、概率参数与有向线段 3 部分组成, 可根据不完全或不精确的信息进行较为准确的因果推理, 这种特点正好适合根据装备不详细的故障现象来对故障原因进行诊断。因此, 笔者研究基于贝叶斯网络的故障诊断技术对于通信装备的有效性, 探讨了基于贝叶斯网络的通信装备故障

诊断流程, 并基于 NETICA<sup>[5]</sup>软件实现了基于贝叶斯网络的通信装备故障诊断。

### 1 基于贝叶斯网络的通信装备故障诊断

基于贝叶斯网络的通信装备故障诊断, 即指通过对通信装备及其故障机理进行分析得到先验信息, 构建贝叶斯网络, 结合故障的某些表现, 利用贝叶斯网络强大的因果推理功能得出装备故障原因的诊断结果。一般情况下, 基于贝叶斯网络的通信装备故障诊断流程可分为以下几个步骤:

- 1) 分析通信装备工作原理与故障机理, 确定研究问题;
- 2) 针对具体故障, 构建故障诊断贝叶斯网络拓扑结构。根据装备的故障树分析所得信息, 建立装备故障诊断贝叶斯网络的拓扑结构;
- 3) 搜集具体故障的维修保障信息, 处理后得到网络的参数, 即各节点的相应概率, 完成网络的构建;
- 4) 将装备故障观察信息输入到贝叶斯网络中, 借助网络推理功能将信息在网络中传播, 计算网络中各节点的后验概率;

收稿日期: 2011-02-31; 修回日期: 2011-04-08

作者简介: 郭玉鹏(1986—), 男, 河北人, 硕士研究生, 从事军事通信装备技术保障研究。

5) 通过对所得后验概率对装备修复做出决策, 并根据决策对装备故障部件进行检查与处理;

6) 若处理后装备工作正常, 诊断结束。若部件状态完好或处理后装备仍不能正常工作, 则将部件完好信息输入网络, 返回第 4) 步, 重新进行诊断。

## 2 通信装备故障诊断贝叶斯网络模型

通信装备故障诊断贝叶斯网络模型包括网络拓扑结构与网络参数 2 方面的内容<sup>[6]</sup>。

### 2.1 构建通信装备故障诊断贝叶斯网络拓扑结构

贝叶斯网络的拓扑结构包括节点与有向线段 2 部分, 定性描述了各节点之间的因果关系。其中, 箭头指向节点为子节点(结果节点), 箭尾指向节点为父节点(原因节点)。通过对某型电台发射功率不足故障进行故障树分析<sup>[7]</sup>并将故障树转化为贝叶斯网络, 建立如图 1 的故障诊断贝叶斯网络拓扑结构。

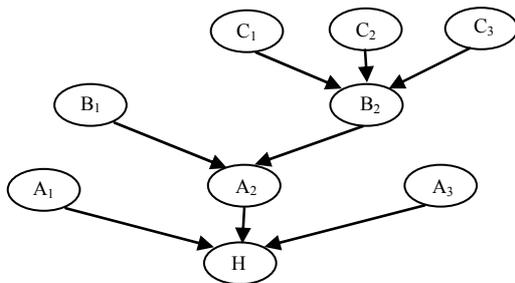


图 1 某型电台发射功率不足的诊断贝叶斯网络拓扑结构

图 1 为某型电台发射功率不足故障的诊断贝叶斯网络, 其中节点代表了电台系统中各组成单元与组件, 有向线段表示了节点之间的影响关系。节点与其表示的电台系统中的各组件与单元间的对应关系如表 1。

表 1 诊断贝叶斯网络中变量事件对应关系

节点	事件
H	发射功率不足
A <sub>1</sub>	天线连接
A <sub>2</sub>	主机发射电路
A <sub>3</sub>	ATT 继电器打火
B <sub>1</sub>	高频混频单元
B <sub>2</sub>	宽带功率放大器单元
C <sub>1</sub>	3A 保险丝
C <sub>2</sub>	风机、冷却机
C <sub>3</sub>	内部电路

网络中各节点的状态是指装备故障时各部件可能处于的各种状态, 可根据装备各部件在实际应用中可能处于的各种状态由装备技术保障人员确定。在图 1 的贝叶斯网络中, 笔者将 C<sub>1</sub> 节点设置为完好与断开 2 种状态, H 节点设置为完好与故障 2 种状态, 其余节点设置为完好、故障、临界 3 种状态。

### 2.2 通信装备故障诊断贝叶斯网络参数设置

贝叶斯网络参数是指依附在网络中的各节点上, 表达节点处于某种状态的先验概率<sup>[8]</sup>及父节点处于各种状态时, 子节点处于各种状态的条件概率<sup>[8]</sup>。2 种概率分别对应于网络中的根节点与非根节点。

贝叶斯网络参数的确定一般都比较复杂, 对于野战通信装备故障诊断贝叶斯网络, 将通过装备维修与处理的历史数据来确定参数。由于通信装备大都属于电子装备, 因此各组件的先验概率会随季节的变化而变化, 并且随着装备配发部队时间的增加, 装备使用人员与技术保障人员经验的提升, 装备故障率会呈现逐年下降的趋势。因此, 笔者运用季节趋势指数<sup>[9]</sup>法来对先验概率进行确定。通过季节趋势指数法得到各根节点不同季节的先验概率, 将季节等因素对通信装备故障的影响融入故障诊断贝叶斯网络。笔者通过调研收集了某通信装备技术大队 2006—2009 年对该型电台的维护资料, 处理后得到各组件的故障率与完好率, 通过季节趋势指数法得到各组件 2010 年各季度的完好率与故障率预测值, 以此作为各组件各季度对应的先验概率。表 2 为根节点 C<sub>2</sub> 的先验概率。而后利用最大似然估计法对所搜集数据进行处理, 得到各非根节点的条件概率值。表 3 为非根节点 A<sub>2</sub> 的条件概率, 其它节点上的概率表在形式上与它们是相同的。对网络完成参数设置后, 便建立了一个完整的通信装备故障诊断贝叶斯网络。

表 2 C<sub>2</sub> 节点先验概率表

状态	春季	夏季	秋季	冬季
完好	0.93	0.89	0.92	0.96
临界	0.02	0.03	0.02	0.01
故障	0.05	0.08	0.06	0.03

表 3 A<sub>2</sub> 节点条件概率表

B <sub>1</sub>	完好		
	完好	临界	故障
完好	1.00	0.95	0.98
临界	0.00	0.03	0.01
故障	0.00	0.02	0.01
B <sub>2</sub>	临界		
	完好	临界	故障
完好	0.65	0.53	0.01
临界	0.22	0.15	0.05
故障	0.13	0.32	0.94
B <sub>1</sub>	故障		
	完好	临界	故障
完好	0.06	0.02	0.01
临界	0.05	0.03	0.01
故障	0.89	0.95	0.98

## 3 故障诊断贝叶斯网络诊断推理算法选择

故障诊断贝叶斯网络推理的实质是进行联合概

率的计算,也是运用贝叶斯网络进行故障诊断的关键环节。贝叶斯网络的推理算法可以分为精确和近似推理 2 种模式<sup>[10-11]</sup>。目前,精确推理算法主要分为 2 类:基于变量消除的算法和基于树结构的算法,适用于对推理结果精度要求高,网络拓扑结构简单,节点数量与状态数量不多的贝叶斯网络。近似推理算法主要分为基于仿真的算法与基于搜索的算法。近似推理算法主要是考虑到随着网络节点数量与状态数量的增多,贝叶斯网络在进行概率的计算时会遇到组合爆炸的问题,故应在运算时间和推理精度上寻求一个折中。

由于图 1 所示的贝叶斯网络拓扑结构清晰,节点数目及其状态数目较少,适合选择精确推理算法进行诊断推理。因此,笔者选择精确算法中的联合树算法作为推理算法。

#### 4 贝叶斯网络的通信装备故障诊断实现

基于贝叶斯网络的通信装备故障诊断的实现,是指针对通信装备的具体故障,利用软件实现故障诊断贝叶斯网络的构建、设置与推理,实现故障诊断。目前,贝叶斯网络的实现工具主要有 MATLAB 贝叶斯网络工具箱、MSBNX 和 NETICA 等软件<sup>[12]</sup>。由于 NETICA 软件具有设计简单、适用性强、功能强大等特点,是国内外应用较为广泛的贝叶斯网络开发专用工具。因此,笔者选择 NETICA 软件作为实现工具。

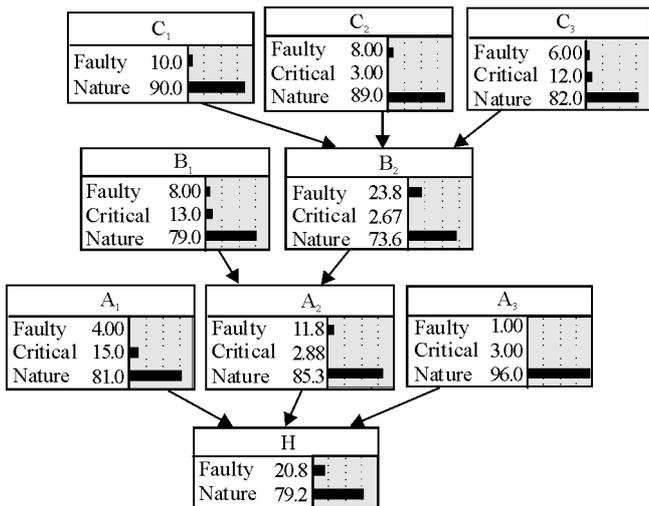


图 2 初始化后的通信装备故障诊断贝叶斯网络

根据图 1 的网络拓扑结构,在 NETICA 软件界面内构建网络。对各节点输入故障发生所在季节的相应参数后,可以点击编译命令,对网络进行初始化。初始化后的贝叶斯网络如图 2。图中各节点状

态名称 Nature、Critical、Faulty 分别对应完好、临界与故障状态。从图 2 可以看出,通常状态下该型电台发生发射功率不足的概率为 20.8%。

将电台发生发射功率不足的信息输入到故障诊断贝叶斯网络中,即将 H 节点设置为故障状态。网络会自动将信息向各节点进行传播完成参数的更新,即按照联合树算法完成诊断推理。参数更新后的贝叶斯网络如图 3。

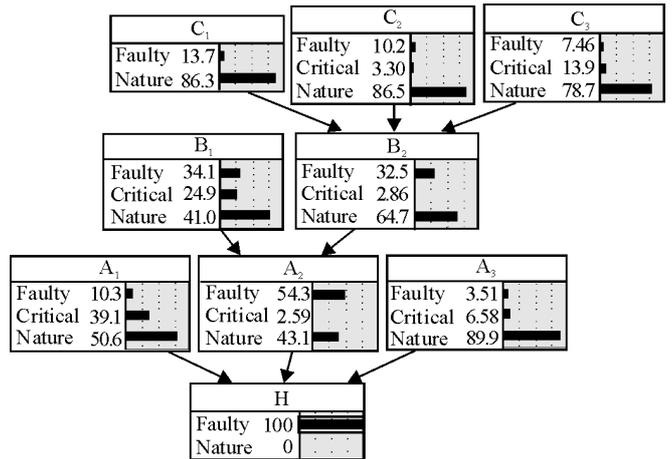


图 3 传播故障信息后的通信装备故障诊断贝叶斯网络

对网络输入故障信息后,各节点参数有了明显的变化。可以看到,此时 A<sub>2</sub> 节点为故障状态的概率最高,此后验概率为 54.3%,因此可以初步判定最可能导致故障的原因是主机发射电路故障。我们应对主机发射电路进行检查与处理,在确定主机发射电路完好后,若装备故障消除则诊断结束。若故障仍未消除,则需在网络中对 A<sub>2</sub> 节点的概率设置为完好,继续更新网络,如图 4,找出故障原因(此时应判定为故障状态概率最高的 B<sub>2</sub> 节点)。依次类推,最终找出故障原因,消除故障。

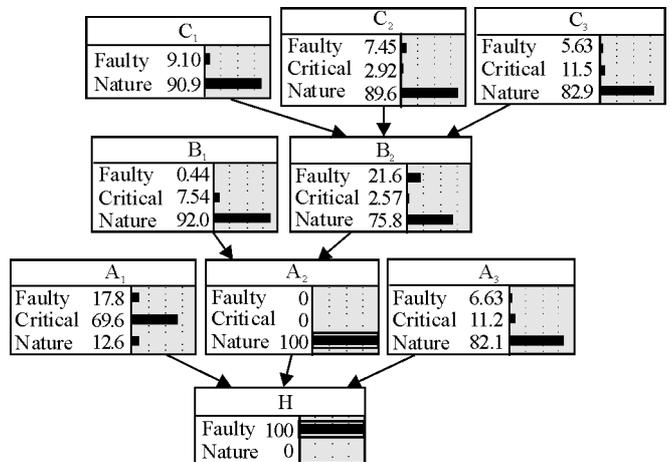


图 4 输入 A<sub>2</sub> 节点完好状态后的通信装备故障诊断

贝叶斯网络