

对 Ad Hoc 网络通信干扰效能评估研究^{*}

王湘文

(电子工程学院 研3队,合肥 230037)

摘要: Ad Hoc 网络在战场信息网络中的广泛使用使得研究 Ad Hoc 网络通信干扰效能评估成为网络战研究的重要内容. 本文中分析了对 Ad Hoc 网络通信干扰效能评估的基本流程, 初步建立了效能评估指标体系, 提出了用层次分析法确定指标权重的方法和效能综合评估模型.

关键词: Ad Hoc 网络; 通信干扰; 指标体系; 评估模型

中图分类号: TN975

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2009)05-0080-03

战场信息网络系统(战场 C⁴ISR)是现代军队的命脉,在作战中发挥巨大作用,也是敌方重点打击的目标. Ad Hoc 网络的无中心、自组织、无需基础设施支持的特点,以及较强的抗毁性和“动中通”能力使得它越来越受到各国军事家的重视和青睐,许多军事强国的战场信息网络都采用了 Ad Hoc 网络技术. 对 Ad Hoc 网络通信干扰效能评估主要研究在复杂战场网络环境下,对 Ad Hoc 网络通信干扰效能如何定量评估的问题. 网络通信干扰效能评估既是制定网络通信干扰方案的基本依据,也是网络安全技术研究的重要方向,对战场网络战理论的深入研究具有十分重要的意义. 为有效分析对 Ad Hoc 网络通信干扰效能,本文中在分析效能评估流程的基础上,建立了 Ad Hoc 网络通信干扰效能评估指标体系,提出了运用层次分析法确立指标权重方法,构建了 Ad Hoc 网络通信干扰效能综合评估模型,从而对 Ad Hoc 网络通信干扰效能进行了量化.

1 对 Ad Hoc 网络通信干扰效能评估的流程

对 Ad Hoc 网络通信干扰效能评估是研究如何有效评估对 Ad Hoc 网络通信干扰效能的技术,它是通过理论分析,设计效能评估的方法、途径、指标体系的技术. 通信干扰必然会对 Ad Hoc 网络造成一定的影响,因此,对 Ad Hoc 网络通信干扰效能评估可以从通信干扰对 Ad Hoc 网络造成的现实影响出发,通过对比分析通信干扰引起的 Ad Hoc 网络效能指标的变化来评估. 在实际的 Ad Hoc 网络通信干扰效能评估中,离开了作战目标与作战环境的效能评估也是没有意义的,完整的评估流程是有效进行评估的保证,评估流程如图 1 所示. 其基本步骤是:

1) 选定干扰目标网络,确定网络环境参数.

2) 建立通信干扰效能评估指标体系. 在通信干扰效能评估中,构建通信干扰效能评估指标体系是关键的一环,它将直接影响通信干扰效能评估的全面性、合理性及有效性.

3) 确定指标权重. 由于每个指标对于干扰效能而言,其重要程度是不同的. 因此,除了考虑指标的性质和数量以外,还要考虑各指标的重要程度.

4) 选定网络通信干扰效能评估指标作为监测指标,测量指标值.

5) 实施通信干扰并测量干扰后的监测指标值.

6) 评价指标的量化,计算通信干扰前后的效能指标值. 评价指标的量化包括指标数量化和指标归一化两种含义. 将各项指标数量化以后,还必须使之量纲一元化.

7) 根据评价模型,结合对 Ad Hoc 网络干扰环境、干扰条件等因素,给出对 Ad Hoc 网络通信干扰效能综合评估结论.

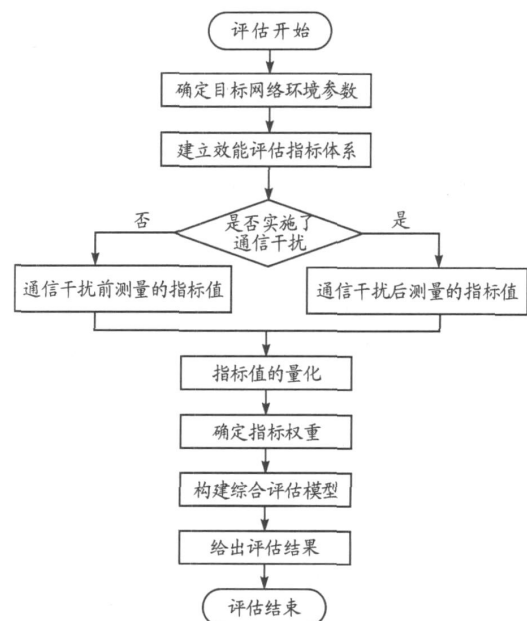


图 1 对 Ad Hoc 网络通信干扰效能评估流程

* 收稿日期:2009-03-01

作者简介:王湘文(1982—),男,湖南衡阳人,硕士研究生,主要从事电子对抗与军事运筹研究.

2 建立评估指标体系

2.1 确立指标体系的原则

由于 Ad Hoc 网络性能指标种类繁多,关系复杂,如何从众多指标中选择出能够有效描述对其干扰效能的指标尚是个难题.为保证指标设置的合理性和有效性,在对 Ad Hoc 网络通信干扰效能分析指标选取中,应遵循以下原则^[1]:

- 1) 目的性原则:所选指标必须反映对 Ad Hoc 网络采取通信干扰这一任务的真实目的;
- 2) 敏感性原则:当对 Ad Hoc 网络采取不同的通信干扰技术和战术时,指标要有相当敏感的反应,从而能真正反应不同技术与战术干扰效能的关系和差异;
- 3) 确定性原则:指标必须具有明确的含义,无歧义,在不同场合指标的含义应该是一致而准确的;
- 4) 典型性原则:考虑过多过细的指标会对评估造成困难,应对网络性能指标进行合理取舍,所选指标能够充分反映通信干扰造成的影响,具有较强的代表性;
- 5) 互斥性原则:不同指标之间应互不相关,各自反应网络不同方面的性能,同一影响结果不能重复计算;
- 6) 客观性原则:网络性能评估指标反映的网络性能是客观的,能够如实反映网络性能状态,指标数值与评价者关系不大;
- 7) 可度量性原则:选用的效能评估指标必须是便于计算的,或可建立模型定量求解,或可运用试验、仿真模拟等方法进行测量,且结果具有可比性;
- 8) 适应性原则:选用的指标必须能够有效反应通信干扰造成的效果,适用于描述通信干扰产生的效果.

2.2 确立对 Ad Hoc 网络通信干扰效能评估指标体系

Ad Hoc 网络作为一种通信网络,对 Ad Hoc 网络的系统功能,笔者更多的是关心通信干扰前后网络的业务层功能变化,业务性能指标又可划分为响应能力、吞吐能力和有效性三类指标,分别从网络的时效性、信息传输质量和网络资源有效利用率三个方面反映 Ad Hoc 网络的业务性能.响应能力反映了 Ad Hoc 网络快速反应能力,吞吐能力反映

了 Ad Hoc 网络处理通信业务数量与质量能力,有效性反映了 Ad Hoc 网络合理利用资源能力.应用在战场的 Ad Hoc 网络,还要满足特殊的军事需求,我们用抗毁性和生存性来描述通信干扰前后 Ad Hoc 网络战术性能指标的变化.抗毁性描述了 Ad Hoc 网络在人为破坏作用下的网络可靠性,它的实质是研究网络拓扑结构的可靠性.生存性包括遭攻击后剩下网络所具有的通信能力是否在规定的范围内,与以前的通信能力相比较受到多大的损失^[2].各类指标又可往下细分,如响应能力可分为响应时间、延迟、延迟抖动,直到能得到各指标的参数值.

根据以上分析,结合对 Ad Hoc 网络通信干扰效能评估指标选择的原则,确定对 Ad Hoc 网络通信干扰效能评估指标体系如图 2 所示.

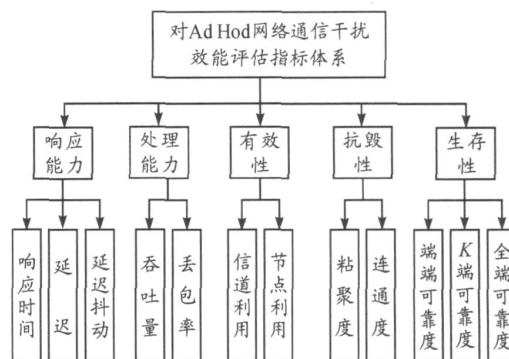


图 2 对 Ad Hoc 网络通信干扰效能评估指标体系

3 确定指标权重

对不同指标重要性系数的确定,常采用层次分析法,通过两两比较确定不同指标的相对重要性,然后按照归一化处理,得到不同指标的相对重要性系数.按照层次分析法,确定同层不同指标权重的步骤如下^[3]:

- 1) 选定相对重要性评分表.在准则 C 下,对 n 个下级指标 u_1, u_2, \dots, u_n 的权重确定,需要两两比较相对重要性,为此,需要给出评价相对重要性用的参考评分表.常采用九级分制评分表作为准则 C,如表 1 所示.

表 1 九级分制评分表

甲指标与乙指标比	极重要	很重要	重要	略重要	相等	略不重要	不重要	很不重要	极不重要
评价价值	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9
备注	取 8,6,4,2,1/2,1/4,1/6,1/8 为上述评价价值的中间值								

- 2) 获取描述重要性关系的判断矩阵.确定了评分表后,通过两两比较,得到在准则 C 下, n 个下级指标 u_1, u_2, \dots, u_n 的相对重要性判断矩阵 $A = (a_{i,j})_{n \times n}$,其中, $a_{i,j}$ 是在准则 C 下,指标 u_i 相对于指标 u_j 的重要性比例标度.判断矩阵 A 满足 $a_{i,j} > 0, a_{j,i} = \frac{1}{a_{i,j}}, a_{i,i} = 1$.由于 A 为正互反矩阵,因此只需要比较 $\frac{n(n-1)}{2}$ 次比较判断就可以了.

- 3) 计算不同指标的相对权重.已知在准则 C 下, n 个下级指标 u_1, u_2, \dots, u_n 的判断矩阵 A,运用特征根方法计算其相对权重 $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$.解判断矩阵 A 的特征根和特征向量问题: $AW = \lambda_{\max} W$, λ_{\max} 是 A 的最大特征值, W 是相应的特征向量.

- 4) 比较判断矩阵一致性.若判断矩阵 A 中所有元素满足 $a_{i,j} \cdot a_{j,k} = a_{i,k}$,则称 A 满足一致性条件.在实际的判断

矩阵构造中,并不满足 A 满足一致性条件.这是由问题的复杂性和认识的多样性决定的.如果出现“甲比乙极端重要,乙比丙极端重要,丙又比甲极端重要”的判断,显然是违反常识的.检验判断矩阵 A 一致性的方法是:

计算一致性指标 C. I(Consistency Index).

$$C. I = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

其中 λ_{max} 是判断矩阵 A 的最大特征值, n 是指标数.

查找相应的平均一致性指标 R. I(Random Index).

表 2 给出了 1~15 阶正互反矩阵计算 1 000 次的平均一致性指标.

表 2 1~15 阶正互反矩阵的平均一致性指标

矩阵阶数	1	2	3	4	5
R. I	0	0	0.52	0.89	1.12
矩阵阶数	6	7	8	9	10
R. I	1.26	1.36	1.41	1.46	1.49
矩阵阶数	11	12	13	14	15
R. I	1.52	1.54	1.56	1.58	1.59

计算一致性比例 C. R(Consistency Ratio).对 3 阶以下矩阵,一致性始终成立,对 3 阶以上(含 3 阶)矩阵, $C. R = \frac{C. I}{R. I}$,当 C. R < 0.1 时,认为判断矩阵 A 的一致性是可以接受的,所得的 W 经归一化后就可作为权重向量;当 C. R > 0.1 时,应该对判断矩阵 A 做适当修正,使其满足一致性要求.

4 对 Ad Hoc 网络通信干扰效能综合评估模型

由于单个评估指标只反映了对 Ad Hoc 网络通信干扰效能的一个方面,通过单个指标来评估 Ad Hoc 网络通信干扰效能是不全面的.因此,有必要应用指标体系中的多个

指标来综合评估对 Ad Hoc 网络通信干扰的效能.设对 Ad Hoc 网络通信干扰效能评估指标体系中响应能力、处理能力、有效性、抗毁性和生存性权重系数以及通信干扰前后指标测量值的归一化值分别为 $W = (w_1, w_2, w_3, w_4, w_5)$, $X = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$ 和 $X^* = (x_1^*, x_2^*, x_3^*, x_4^*, x_5^*)$, 网络效能下降率为 p, 则

$$p = W \cdot X = \sum_{i=1}^5 w_i \frac{x_i - x_i^*}{x_i}$$

其中 X 为各项指标值的变化率,各项指标效能下降率的计算与 p 的计算类似,通过对下级指标值的加权计算得到. P 值的大小直接反映了通信干扰的效果, P 值越大,则表示对 Ad Hoc 网络通信干扰能力越强^[4-5].

5 结束语

对 Ad Hoc 网络通信干扰效能评估研究中指标选取和各种模型的建立是一个复杂的过程,需要在理论研究和实践中不断改进,本文中提出的对 Ad Hoc 网络通信干扰效能评估方案可对 Ad Hoc 网络实施有效干扰提供理论依据和实践方法.

参考文献:

- [1] 杨红娃. 战场网络攻击效能评估技术[J]. 通信对抗, 2006(1): 24 - 28.
- [2] 刘克胜,张维明. 通信网可靠性指标系统分析与综合评估研究[J]. 计算机应用研究, 1999(12): 7 - 10.
- [3] 岳超源,崔万安,姚升保,等. 决策理论与方法[M]. 北京:科学出版社, 2006.
- [4] 李冬,宋里宏,王璐,等. 战场网络攻击效能分析[J]. 网络安全技术与应用, 2007: 78 - 80.
- [5] 王旭赢. 基于 OPNET 的 Ad Hoc 网络攻击效能评估及仿真[D]. 硕士学位论文, 2008.

(上接第 79 页)

3.2 对寿命批成品枪的处理

由于在寿命试验中被抽检的枪出现了枪管套断裂的严重故障,这就意味着本批枪的质量不合格.按照“三不放过”的原则对本批所有枪进行翻检,并对不合格的零件予以更换,然后加倍抽试,其寿命试验结果满足要求.

4 结束语

从上面的分析可以看到,该枪管套断裂是由于机械零件加工不合格造成的,但其深层次原因还是由于机械加工

工艺水平落后.加工工艺水平的落后不仅影响着产品质量,也严重影响着我国军用产品在国际上的声誉.通过采用新材料新工艺,不但提高了生产效率和外观质量,还保证了产品的可靠性.

参考文献:

- [1] 步兵自动武器及弹药设计手册编写组. 步兵自动武器及弹药设计手册[M]. 北京:国防工业出版社, 1977.
- [2] 枪械手册编写组. 枪械手册[M]. 北京:国防工业出版社, 1986.