

C³I系统时延的PETRI网络分析

张文明 吴枕江

(电子技术系)

摘要 根据 Petri 网络结构分析 C³I 系统的时延性能, 并用计算机软件实现, 给出了典型系统的实验结果。

关键词 系统分析, C³I 系统, PETRI 网络, 时延, 中间通路, 可能通路

分类号 TN8

Petri 网络作为一种系统分析的手段, 具有明显的优越性。它不仅能用于分析军事指挥决策系统, 而且可以应用于分析社会、经济、决策、通讯等各个领域的系统工程。

系统的平均处理时间(期望时延)是衡量军事指挥决策系统质量的一个重要的性能指标。应用 Petri 网络理论分析 C³I 系统的时延性能是十分有效的。将 C³I 系统表示成 Petri 模型, 从 Petri 网络中可以知道系统的关联信息。假设给定了网络中各节点在过程中所需要的时间, 我们就可以搜索从输入到输出的各种可能的路径, 并计算出路径的时延和条件概率, 进而计算出系统的期望时延。

1 Petri 网络的基本概念

图 1 所示的 Petri 网络是由 C³I 系统转换而来的, 关于 Petri 网络表示 C³I 系统的换

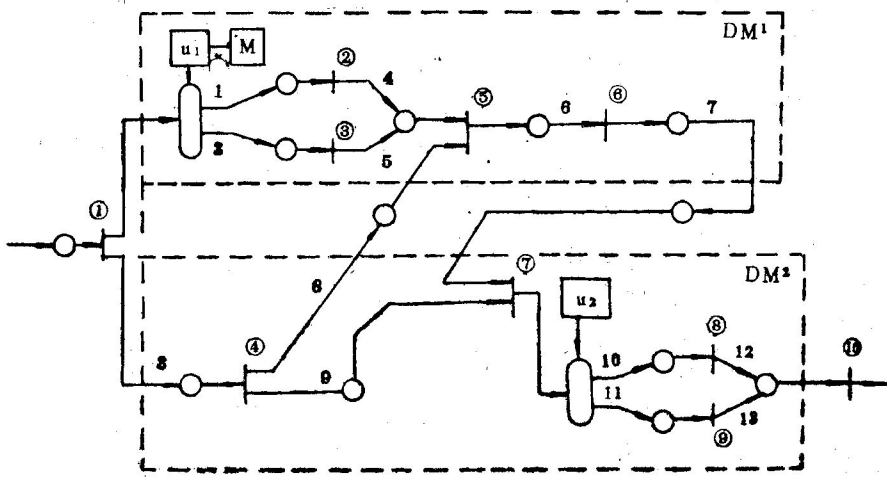




图 1 典型 C³I 系统 Petri 模型

型方法参阅文献[1][4]。

图1为一典型C³I系统的Petri模型。DM1、DM2可以看成两个战场上的指挥员；①表示变换，用∨表示；1表示环节，即两个直接相连变换之间的路径，一个环节只能有一个编号，但两个环节可以存在着部分公共的路径，如4、5两个环节后半部分是一

致的。图1中有10个变换，13个环节，其中①⑩分别为输入输出变换。表示信号分离决策开关，它既非变换，又非环节或站，仅表示一种概率，来确定信号通过分离决策开关后从开关的某一路输出的概率大小，必须指出，信号只允许从开关的输出端的一路输出，不允许同时由开关的多路输出。表示站。多输入变换称为支根(subroot)，输出变换称为根(root)，⑦⑤为支根，⑩为根。

联接两个支根(包括输入变换和根)的所有路径均称为支路(subpath)。相关的不同支路组合构成通路，而将联接从输入变换到根的单一通路称为中间通路(Intermediate path)。由中间通路构成可能通路(possible path)，也就是必须同时作用的中间通路“序列”。

表1列出了图1系统所有支路和中间通路。图2用树结构列出了图1系统所有的可能通路。表1中支路类属P(I,J)表示终止于第I号支根(或根)的第J条支路，中间通路P(I)中I为编号。

表1 图1系统支路和中间通路

编号	支路类属	相关联的变换号	中间通路(编号)	拥有支路号	相关联的变换号
1	P(10,1)	10 8 7	P(1)	1 3 5	10 8 7 6 5 2 1
2	P(10,2)	10 9 7	P(2)	1 3 6	10 8 7 6 5 3 1
3	P(7,1)	7 6 5	P(3)	1 3 7	10 8 7 6 5 4 1
4	P(7,2)	7 4 1	P(4)	1 4	10 8 7 4 1
5	P(5,1)	5 2 1	P(5)	2 3 5	10 9 7 6 5 2 1
6	P(5,2)	5 3 1	P(6)	2 3 6	10 9 7 6 5 3 1
7	P(5,3)	5 4 1	P(7)	2 3 7	10 9 7 6 5 4 1
			P(8)	2 4	10 9 7 4 1

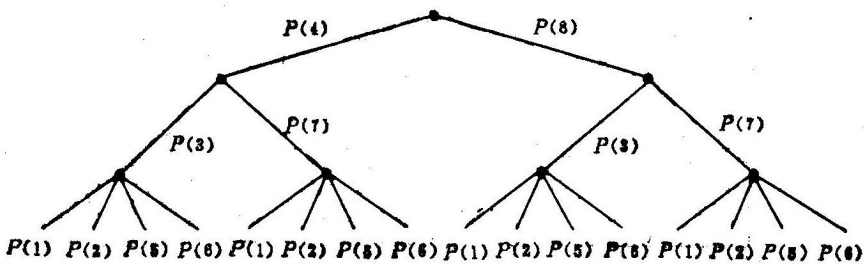


图2 图1系统可能通路树表示

分析 P_i 可以得出以下结论:

- (1) 凡是相关联的两个变换 V_i, V_j , 则 $P(V_i/V_j) > 0$, 其中 V_j 为 V_i 的前一个变换;
- (2) 不相关联的两个变换 V_i, V_j , $P(V_i/V_j) = 0$, 且 $P(V_i/V_i) = 0$;
- (3) 经过多路分离决策开关的两个相关联的变换 V_i, V_j , $P(V_i/V_j)$ 在 $0 \sim 1$ 之间。不经过分离决策开关的两个相关联的变换 V_i, V_j , $P(V_i/V_j) = 1$ 。

2.2 求每一个可能通路的时延

图1所示系统有16个可能通路, 每个可能通路由3条中间通路组成, 如图2。可能通路的时延即为组成该可能通路的中间通路时延中最大的一个。如 $P(4), P(3), P(1)$ 组成的可能通路, 各中间通路的时延为 $D(4)=5, D(3)=7, D(1)=7$, 故该可能通路的时延为 $\max(D(4), D(3), D(1))=7$ 。

2.3 计算每一个可能通路的概率

条件概率的计算与时延的计算类似, 所不同的是在计算支路和中间通路概率时, 将概率相乘得到。另外, 可能通路时延取其所拥有的中间通路的最大时延, 而概率则是组成该可能通路的中间通路概率之积。

2.4 计算系统的期望时延 E_r

计算公式为 $E_r = \sum_{i=1}^r P_i D_i$ 。式中 r 为可能通路的总数, P_i 为可能通路的概率, D_i 为其时延。 E_r 越小, 显然系统指挥决策的效能越好。

3 时延算法的软件实现

作者用 BASIC 语言实现了时延算法, 该软件具有如下特点:

(1) Petri 网络中的变换和环节编号可以任意规定, 没有顺序要求。程序本身是运用人工智能的推理方法, 具有很强的识别能力, 能快速自动地识别出起始变换、根及其它变换的位置所在;

(2) 不必将关联矩阵 C_s 、概率矩阵 P_s 中的每个元素输入计算机, 真正有用的信息为: 任何相关联的两变换的号码信息; 任何分离决策开关各路输出概率。因此, 只要将上述有用信息输入计算机即可;

(3) 程序采用了自下而上的树搜索方法, 即从根至起始变换搜索每一条中间通路, 直到搜索到的中间通路不再增加为止;

(4) 源程序所占内存约 5500 BYTES, 在 IBM-PC/XT 微机上分析类似图1大小的系统占时不到一分钟(包括打印结果的时间, 计算和推理的时间不到10秒钟), 程序未经编译。

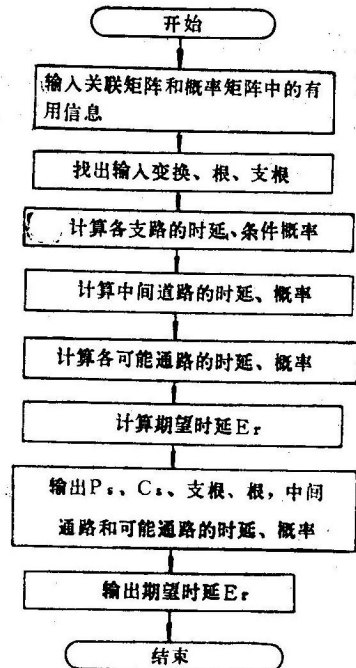


图3 时延算法软件流程

图 3 给出时延算法软件框图。计算机分析图 1 所示 Petri 网络的结果 (假设各变换均为单位时延) 如下 (表 2): 表 2

INTERCONNECTION MATRIX, COL=TRANSITION ROW=LINK

-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
-1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	-1	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0
0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	-1	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	-1	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0

PROBABILITY MATRIX $P_s =$

0	.54	.46	1	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	.32	.68	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0

THE NUMBER OF SUBROOTS (OR ROOT) ARE: 3 THEY ARE: 10 7 5

INTERMEDIATE PATH	PROBABILITY	DELAY
P(1)=10 8 7 6 5 2 1	.1728	7
P(2)=10 8 7 6 5 3 1	.1472	7
P(3)=10 8 7 6 5 4 1	.32	7
P(4)=10 8 7 4 1	.32	5
P(5)=10 9 7 6 5 2 1	.3672	7
P(6)=10 9 7 6 5 3 1	.3128	7
P(7)=10 9 7 6 5 4 1	.68	7
P(8)=10 9 7 4 1	.68	5

POSSIBLE PATH AND THEIR INTERMEDIATE PATHS.

Q(1)=1 8 4
Q(2)=1 8 8
Q(3)=1 7 4
Q(4)=1 7 8
Q(5)=2 3 4
Q(6)=2 3 8
Q(7)=2 7 4
Q(8)=2 7 8
Q(9)=5 8 4
Q(10)=5 8 8
Q(11)=5 7 4
Q(12)=5 7 8
Q(13)=6 8 4
Q(14)=6 8 8
Q(15)=6 7 4
Q(16)=6 7 8

EXPECTED DELAY OF SYSTEM IS:

7.000001

4 讨论和结论

本文在分析过程中,假设了系统不存在反馈,而且所分析的系统为单输入单输出系统。对于存在反馈的系统,可以将系统转换为无反馈系统,尔后进行系统分析;对于多输入多输出系统,可以将它视为单输入单输出系统分级分层组合而成的。

C³I系统或其它通信系统中存在多个信号同时进站,即所谓非安全性情况,对此需作进一步的探讨。

本文分析了C³I系统中的一个重要性能指标——时延,借助于微机实现了算法,并具有良好的性能和较强的通用性。

参 考 文 献

- [1] James L. Peterson, Petri net theory and the modeling of system. Prentice-Hall, INC, 1981
- [2] R. Paul Wiley and Robert R. Tenney, Calculating Time-Delayed Performance measures of a distribution using stochastic timed petri nets, proceedings of the 8th MIT/ONR workshop on C³ system. 1985
- [3] Victoria Yu-Yu Jin and Alexander H. Levis, Computation of Delays in Acyclical decisionmaking organizations, Proceedings of the 8th MIT/ONR workshop on C³ system. 1985
- [4] Tabak D and Levis A. H. Petri net Representation of Decision Models. IEEE Trans. On Systems Man and Cybernetics. 1985

Analysis of Time Delays in C³I System Using Petri Net

Zhang Wenming Wu Zhenjiang

(Department of Electronic Technology)

Abstract

Time delay performance of C³I systems is analysed and calculated using petri nets. The algorithm is programmed on the computer, and the experimental results of the typical system are presented in the paper.

Key Words, system analysis, C³I systems, petri nets, time delays, intermediate path, possible path