

通信网业务参量的一个随机预测模型*

李俊生**¹ 蔡 群¹ 赵东风² 白建斌³

(1. 蒙自高等专科学校计科系 云南蒙自 661100; 2. 云南大学信息学院 昆明 650091;
3. 红河州电信局 云南个旧 661400)

【摘要】利用离散时间型马尔科夫链及随机理论,构造了一个转移概率矩阵,并按照通信网业务特性,将需要预测的通信业务分为 N 个等级,定义了 $S=\{1,2,\dots,N\}$ 共 N 个状态空间,建立了通信网业务参量的随机预测模型。通过通信网的实例分析,说明了该模型的可靠性。

关键词 马尔科夫链; 状态概率向量; 转移概率矩阵; 通信网业务参量; 预测模型
中图分类号 TN913.22

A Random Model for Forecasting Traffic Parameters of Communications

Li Junsheng¹ Cai Qun¹ Zhao Dongfeng² Bai Jianbing³

(1. Dept. of Computer Mengzi Teacher's College Yunnan Mengzi 661100; 2. Information College of Yunnan University Kunming 650091;
3. Honghezhou Telecommunication Office Yunnan Gejiu 661400)

Abstract The paper constructed one of transition probability matrix based Markov chain theory and random theory in discrete time, and we divide the state of traffic parameters of communication into N levels according to characteristic of communication traffic parameters that will be forecasted. Therefore, we get a finite state space $S=\{1,2,\dots,N\}$. As a result, a forecasting model about traffic parameters of communication was established with transition probability matrix and random theory, and the reliability of the model was verified through two real examples on communication networks.

Key words Markov chain; state probability vector; transition probability matrix; traffic parameters of communications; forecasting model

目前,对于通信网络业务的预测已有多种预测方法和模型^[1~3],这些模型各有其特点,有的虽计算量惊人,但仍难以获得满意的结果。由于通信网业务量的变化具有较强的随机性,是一个典型的随机过程,而马尔科夫过程是一种特殊的随机过程,具有可描述事物随机变化的良好特性,而且通信网业务参量的变化态势只与其现在的某种状态有关。因此,可利用马尔科夫过程的理论来研究通信网业务参量的变化趋势,预测将来某一时刻通信网的业务状况。

1 马尔科夫随机预测模型

1.1 马尔科夫链与转移概率矩阵

离散时间型马尔科夫链是研究某一离散事件的状态及状态之间转移规律的随机过程,它通过对

2001年10月8日收稿

* 国家自然科学基金资助项目,编号:69862001; 云南省教委科研基金资助项目,编号:0011049

** 男 41岁 硕士 副教授

t_0 时刻事件不同状态的初始概率及状态间的概率转移关系来研究 $(t_0+\Delta t)$ 时刻状态的变化趋势。马尔科夫过程具有无后性,即状态转移概率仅与转移出发状态 i 、转移步数 k 、转移后状态 j 有关,而与何时转移这一初始时刻无关。设马尔科夫链的状态空间为有限空间 $S, S=\{1, 2, \dots, N\}$,其转移概率 $P_{ij}(k)=P_{ij}(n, n+k)=P\{x(n+k)=j/x(n)=i\}, k \geq 1$ 。当 $k=1$ 时, P_{ij} 称一步转移概率,简记为 P_{ij} ,且有 $0 \leq P_{ij} \leq 1, i, j=1, 2, \dots, N; \sum_{j=1}^N P_{ij}=1, i=1, 2, \dots, N$,则转移概率矩阵定义为 $P=(P_{ij})$ 。

1.2 网络业务参量状态的划分

根据所需预测网络业务参量的特点和实际需要,将网络业务参量状态划分为 N 个级别,则得到有限状态空间 $S=\{1, 2, \dots, N\}$ 。

以网络接通率为例,若将其状态划分为优、良、差3级,则 $S=\{1, 2, 3\}$;若将网络接通率状态划分为优、良、中、差4级,则 $S=\{1, 2, 3, 4\}$;等等,可依此类推。

1.3 转移概率矩阵的构造

以某一本地网为例,构造一个关于网络业务参量的马尔科夫随机预测模型,并以一月内多次采样的平均值作为该月的采样值。

设监测年份为 y_1 年, y_2 年, \dots, y_L 年, \dots, y_m 年,则第 y_L 年网络业务参量为 i 级的月份共有 L_i 个, m 年内网络业务参量为 i 级的月份总数为 M_i 。若每月有一监测值(样本),则该网一年有 $k=12$ 个样本值,则有 $0 \leq L_i \leq k, 0 \leq M_i \leq km; 0 \leq i \leq N$ 。再设 m 年内相邻两年间同月网络业务参量由 i 级变为 j 级的总数为 n_{ij} ,则 $0 \leq n_{ij} \leq (m-1)k$,其中 $i, j=1, 2, \dots, N$ 。令 $P_{ij} = \frac{n_{ij}}{M_i - L_i}$,则对任意的 i, P_{ij} 满足 $0 \leq P_{ij} \leq 1$,

$\sum_{j=1}^N P_{ij}=1$,由此可得马尔科夫随机预测模型的转移概率矩阵

$$P=(P_{ij})_{N \times N} \quad (1)$$

1.4 模型的建立

假设初始时刻 $t=0$ 系统处于状态 i 的概率为 $P_i(0)$,时刻 $t=n$ 系统处于状态 j 的概率为 $P_j(n)$,则 $P(0)=(P_1(0), P_2(0), \dots, P_N(0))$ 为初始状态概率向量,且 $\sum_{j=1}^N P_j(0)=1$; $P(n)=(P_1(n), P_2(n), \dots, P_N(n))$ 为 n 时刻状态概率向量,且 $\sum_{j=1}^N P_j(n)=1$ 。由切普曼-科尔莫哥洛夫(Chapman-Kologorov)方程可导出^[5]

$$P(n)=P(0) \times P^n \quad (2)$$

式中 P 为所构造的转移概率矩阵,简称预测模型。利用该模型,则可由初始时刻的网络业务参量级别(状态)预测以后某一时刻的网络业务参量的变化趋势,从而对该网业务参量进行预测。

2 实例

以某通信网实际监测数据为依据,每年取6次样本,每次样本为多次监测结果的平均,运用本模型对该网接通率进行预测。

2.1 接通率

以本地网来话的接通率为样本,监测时间为1995~1999年。

2.1.1 预测过程

网络接通率依所获得的数据按表1进行级别划分,这时状态空间 $S=\{1, 2, 3, 4\}$,即 $N=4$ 。以双月为监测区间进行监测,从而可获得该网各监测样本的网络接通率状态,接通率级别划分如表1所示,监测值和全年平均值如表2所示。

表1 接通率级别划分

接通率/(%)	70 ~ 100	55 ~ 70	40 ~ 55	< 40
接通率分级	4	3	2	1
说明	优	良	中	差

表2 各监测月网络接通率监测值(服务状态级别)及全年平均值

年份	月 份						全年平均
	1 ~ 2	3 ~ 4	5 ~ 6	7 ~ 8	9 ~ 10	11 ~ 12	
1995	1	1	1	2	1	1	1.667
1996	1	1	2	2	2	1	1.500
1997	3	2	3	4	4	3	2.667
1998	3	3	3	4	4	4	3.500
1999	3	4	4	4	4	3	3.667

按转移概率矩阵的构造方法，有：

$$\begin{matrix}
 n_{11}=3 & n_{12}=3 & n_{13}=2 & n_{14}=0 & M_1=8 & m_1=0 \\
 n_{21}=1 & n_{22}=1 & n_{23}=2 & n_{24}=2 & M_2=5 & m_2=0 \\
 n_{31}=0 & n_{32}=0 & n_{33}=3 & n_{34}=3 & M_3=8 & m_3=2 \\
 n_{41}=0 & n_{42}=0 & n_{43}=1 & n_{44}=4 & M_4=9 & m_4=4
 \end{matrix}$$

则由式(1)，转移概率矩阵P为

$$P = \begin{bmatrix} 0.375 & 0.375 & 0.250 & 0 \\ 0 & 0.200 & 0.400 & 0.400 \\ 0 & 0 & 0.500 & 0.500 \\ 0 & 0 & 0.200 & 0.800 \end{bmatrix} \tag{3}$$

以1999年为基准，由表2知该年网络接通率平均为3.67级，而初始状态概率向量P(0)可通过表2中每种级别所占的比重而求得，对于1999年，在6个监测样本中，1级有0个，2级有0个，3级有2个，4级有4个，由此可得P(0)=(0, 0, 0.333 3, 0.666 7)，由式(2)，知该网2000年状态概率向量为

$$P(1)=P(0) \times P = (0, 0, 0.333 3, 0.666 7) = (0, 0, 0.3, 0.7) \tag{4}$$

式(4)表明2000年该网的接通率是4级的可能性最大(67%)，目测可认为该网2000年的接通率为4级(目测值)。但为了更精确一些，可利用状态概率向量的概率值为权重，再乘以相应的级别，最后相加即可得该年接通率级别的预测统计平均值，即 $0 \times 1 + 0 \times 2 + 0.3 \times 3 + 0.7 \times 4 = 3.70$ 级(计算值)，同理可得2000 ~ 2004年该网接通率的状态概率向量如表3所示。

表3 2000 ~ 2004年状态概率向量

预测年	P(n)	状态概率向量				全年接通率级别		
		1	2	3	4	目测值	计算值	
2000	P(1)	0	0	0.300 0	0.700 0	1.000 0	4	3.700
2001	P(2)	0	0	0.290 0	0.710 0	1.000 0	4	3.710
2002	P(3)	0	0	0.287 0	0.713 0	1.000 0	4	3.713
2003	P(4)	0	0	0.286 1	0.713 9	1.000 1	4	3.714
2004	P(5)	0	0	0.285 8	0.714 2	1.000 1	4	3.714

2.1.2 预测模型可靠性检验

内插检验：以1995年为基准，其状态概率向量 $P(0) = (0.833\ 3, 0.166\ 7, 0, 0)$ ，利用预测模型递推1996~1999年该网的网络接通率状态概率向量，结果如表4所示。

表4 1996~1999年网络的状态概率向量

预测年	$P(n)$	状态概率向量				全年接通率级别(平均)			
		1	2	3	4	目测值	计算值	监测值	
1996	$P(1)$	0.312 5	0.345 8	0.275 0	0.066 7	1.000 0	1.6	1.856 0	1.500
1997	$P(2)$	0.117 2	0.186 3	0.367 3	0.329 2	1.000 0	3.0	2.908 5	2.667
1998	$P(3)$	0.044 0	0.081 2	0.353 3	0.521 5	1.000 0	3.6	3.352 9	3.500
1999	$P(4)$	0.016 5	0.032 7	0.324 4	0.626 3	0.999 9	3.7	3.650 9	3.667

目测值取每年概率最大者(或概率较大的两数的综合)为此网该年度的状态。计算值的算法同前，监测值为表2给出的值。

外推检验：根据预测模型式(3)、(4)，以表2中1995~1997年的数据为基准，其状态概率向量 $P(0) = (0, 0.166\ 7, 0.500\ 0, 0.333\ 3)$ ，外推1998年、1999年的状态概率向量，对预测模型作外推可靠性检验，结果如表5所示。

表5 1998~1999年状态概率向量

预测年	$P(n)$	状态概率向量				全年接通率级别(平均)			
		1	2	3	4	目测值	计算值	监测值	
1998	$P(1)$	0	0.033 3	0.383 3	0.583 3	0.999 9	3.6	3.550	3.500
1999	$P(2)$	0	0.006 7	0.321 6	0.671 6	0.999 9	3.7	3.660	3.667

3 结束语

本文讨论的预测模型经过内插及外推检验，验证了该模型具有较高的可靠性。表3充分反映该网的网络接通率的动态变化过程，而且该模型可直接通过目测而简洁地获得网络业务参量的级别。由此可知，运用随机理论来刻画网络通信业务参量的随机变化是可行的。马尔可夫随机预测模型有较高的可靠性，适于实际应用。建立预测模型的关键是构造相应的转移概率矩阵，本模型更适于近期预测，若对于长期预测，应及时利用最新的监测数据对转移概率矩阵作出调整，以保证预测数据的可靠性。本模型仅以通信网络的接通率为例，对网络通信业务参量作出预测，而对于通信网络的其他电信业务的预测^[5]，同理可得。但对于一些单调增加的业务量(如装机容量)，由于状态概率向量之和为1，所以该模型将难以预测这样的电信业务。

参 考 文 献

- 1 Margaret H. A multi-faceted approach to forecasting broadband and traffic. IEEE Communications Magazine, 1995, (2): 28-31
- 2 Ondria J, Wasem. Forecasting broadband demand between geographic areas. IEEE Communications Magazine, 1995, (2): 32-36
- 3 周炯 . 通信网理论基础. 北京: 人民邮电出版社, 1991
- 4 孙荣恒. 随机过程及其应用. 重庆: 重庆大学出版社, 1991
- 5 李俊生, 蔡 群, 李 萍, 等. 电信网服务质量的Markov随机预测模型. 通信技术, 2001, (9): 52-54