

城市交通协调控制综述

刘希 邹左军

(中国科学院自动化所)

摘 要

城市交通信号控制是城市交通管理的一个极为重要的环节。从最初简单的机械信号装置到今天广泛应用系统工程理论和计算机技术,其间经历了一个从简单到复杂、从低级到高级的发展过程。本文对这一过程中系统的模型化方法,控制方案的演变、进化等进行了历史回顾;介绍了一些已得到世人公认的交通控制系统。例如,TRANSYT, SIGOP, SCOOT, SCATS等。同时,对前人在理论上的一些探索也进行了介绍和评价。在此基础上,对我国在这一领域的发展方向,提出了看法。

一、概 述

城市交通的区域协调控制,即在整个城市范围内对交通进行控制。这无论是从理论角度,还是从实践角度看,都是一个极其复杂、困难的大系统控制问题。

国外对城市交通区域控制软件的研究,可以追溯到六十年代初。目前在这一领域较有声望、居领先地位的有英国、澳大利亚及美国等。如果从进行研究的人员组成看,可以分为两大类。

一类是控制工程师。他们从系统工程理论、大系统理论及最优控制的角度出发,对城市交通这一典型的大系统进行研究。主要代表人物有大系统理论方面的著名人士 M. G. Singh。一般说来,这类研究只限于在理论上进行。但是他们为交通控制的实践提供了许多有益的新思想、新方法。另一方面,也为系统工程理论、大系统理论本身的发展,立下了汗马功劳。

进行交通控制研究的另一类人,当然就是责无旁贷的交通工程师了。他们的代表人物有英国的 D. I. Robertson,澳大利亚的 A. J. Miller 等。交通工程师们的实践,是许多实际的控制系统,如 TRANSYT, SIGOP, SCOOT, SCATS 等产生的重要基础,他们为各国的城市交通问题的缓和及解决作出了巨大的贡献。

下面分别介绍这两方面的工作。

二、理 论 探 索

从六十年代初期开始,人们就不断对城市交通网络协调、控制问题进行研究,发展到

七十年代,随着大系统理论、系统工程理论的出现,城市交通控制技术也有了一些大的进展,这其中, M. G. Singh 的工作较为突出。

关于 Singh 的工作,国内已有介绍,详细情况可参阅文献[5,6]。总的说来,其主要特点如下:

1) 所采用的模型化方法简单、明了,物理意义直观、明确。

2) 将大系统递阶控制的目标协调法和 Tamura 的改进形式应用于城市交通网络控制,一方面较成功地解决了这一复杂的优化问题,另一方面也加强了该算法在理论上的地位。

Singh 的工作也存在一定的缺陷。例如:

1) 这种控制方法从根本上说是一种开环控制方案,而城市交通的大随机性使这种方法仅局限于过饱和 (Oversaturated) 情况下才可使用,因为只有在过饱和的情况下,整个交通系统才呈现出方法所要求的确定性。

2) 控制算法是集中一次求解的,所以即使采用递阶结构,其计算量也是比较大的。Singh 等人曾在 IBM370/165 计算机上对三个路口组成的交通进行仿真计算,得到最优解共花费了 2.73 分钟^[1],可见它不适合于实时在线控制。

综上所述, Singh 提出的模型化方法及优化技术有较大的理论意义,但因系统模型和实际情况不甚吻合及寻优时间太长,使实际使用受到限制。

沿着 Singh 的思路,许多学者作了改进工作,如文献[2,3,4]所述。

一个城市交通系统是由道路系统、信号系统和具有较大随机性的交通流组成的。对于交通流特征的了解,人们除根据历史数据及经验估计以外,还可以通过埋在道路系统中的车辆检测装置实时地采集数据来达到。按照这样的思路, J. S. Baras 和 W. Levine 等人运用随机点过程理论进行了深入、细致的研究,得到了一些新的结果^[7,8]。他们的模型化过程大致如下:

车辆检测器检测得到的车辆到达与否的信息是一个随机点过程序列,也即观测值序列,以 $n(t)$ 表示。路口处排队车辆的队长受 $n(t)$ 的影响,以 $x(t)$ 表示,则此两者的关系可表示为:

$$\begin{aligned} \mathbf{x}(t+1) &= E^{\beta_{t-1}}\{\mathbf{x}(t+1)\} + [\mathbf{x}(t+1) - E^{\beta_{t-1}}\{\mathbf{x}(t+1)\}] \\ &= \mathbf{f}(t, n^{t-1}, \mathbf{x}^t) + \mathbf{u}(t), \\ n(t) &= p_r\{n(t) = 1 | \beta_{t-1}\} + [n(t) - p_r\{n(t) = 1 | \beta_{t-1}\}] \\ &= \mathbf{a}(t, n^{t-1}, \mathbf{x}^t) + \mathbf{w}(t). \end{aligned}$$

这里 $E^{\beta_{t-1}}\{\cdot\}$ 表示在 β_{t-1} 条件下的数学期望; \mathbf{S}^t 为集合 $\{\mathbf{S}(0), \mathbf{S}(1), \dots, \mathbf{S}(t)\}$; $\beta_{t-1} = \sigma\{n^{t-1}, \mathbf{x}^t\}$ 表示由 n^{t-1}, \mathbf{x}^t 所产生的 σ -代数。由 $\mathbf{u}(t), \mathbf{w}(t)$ 的性质,知它们是相对于 β_{t-1} 的差分鞅序列 (Martingale Difference Sequences)。

为了导出具体的城市交通网的模型,只需导出 $\mathbf{f}(t, n^{t-1}, \mathbf{x}^t), \mathbf{a}(t, n^{t-1}, \mathbf{x}^t)$ 的具体形式即可。为此,设

$$(i) \quad x_k = \begin{cases} 1 & \text{车队队长为 } k, \\ 0 & \text{否则,} \end{cases}$$

$$\mathbf{x}(t) = [x_0(t), x_1(t), \dots, x_{N-1}(t)]^T,$$

$$(ii) \lambda(k, t) = p_r \{n(t) = 1 | x_k(t) = 1\}$$

$$\lambda(t) = [\lambda(0, t), \lambda(1, t), \dots, \lambda(N-1, t)]^T;$$

$$(iii) Q_{ij} = p_r [t+1 \text{ 时刻队长为 } i | t \text{ 时刻队长为 } j]$$

$$Q(t) = \{Q_{ij}\}_{N \times N}, \text{ 其中 } N \text{ 为最大车队长度,}$$

则系统模型为

$$x^T(t+1) = Q^T(t) \cdot x(t) + u(t),$$

$$n(t) = \lambda^T(t) \cdot x(t) + w(t).$$

由 $\lambda(t)$ 的定义知它为整个网络的协调因子。

从上面的模型化技术可以看出:

1) 系统模型由于考虑因素全面, 所以其准确性较高。Levine 曾将此模型与其它一些模型作过比较^[9]。此外, Baras 和 Levine 曾利用此模型及 Segall 等给出的递推预测公式^[10]进行预测, 其结果均表明该模型准确度较高。

2) 这种模型化技术将网络优化问题转化为典型的随机控制问题, 为利用许多现有的技术打下了基础。并为今后的研究开辟了新的思路。但是, 问题求解时仍然由于计算量大、维数灾等问题, 只能采用简化算法而得到次最优的结果。对此, Baras 和 Levine 已有研究^[11]。

从另一个角度看, 较为成熟的随机控制问题, 总是在分离定理的基础上, 采用预测-控制的方式进行解决。但正如文献[11]所指出的, 由于交通问题的特殊性, 分离定理此时并不成立。从下面将介绍的英、美等国的情况, 也在一定程度上证明了采用传统的、直观的预测-控制算法, 在交通控制的实践中, 将困难重重, 甚至导致失败。所以, 如何将上述模型及文献[8]中的网络流模型应用于交通工程的实践, 目前仍在研究之中。

除上述两大类较有代表性的工作外, 还有不少学者从其它方面作了许多有益的探索。例如, Saradis 等在 Singh 提出的模型的基础上, 导出了更进一步的学习算法^[12], 代表了交通控制的一个新方向。Ginseppe 将 TRANSYT 方法引入自己的系统, 得出了一种分散递阶优化的控制方案^[13]。Marleod 等人将静态优化的方法动态化, 也有一些新的思想、方法^[14]。近年来, 随着微型计算机的普及, 如何利用微型机组成新型的经济、可靠的交通控制系统, 也引起了人们的注意并提出了许多新的设想、方法^[15-17], 但真正将这些设想付诸实践的并不多。

三、实际系统

在理论探索的同时, 交通工程师们也在不断地实践, 建立了一个又一个的实际系统。

1. 静态系统

自一九六〇年世界上第一个城市交通计算机管理系统在加拿大的多伦多市问世以来, 一大批此类系统象雨后春笋一样在世界各地涌现出来。据不完全统计, 至今全世界已有三百多个城市实现了计算机城市交通管理。在这三百多个系统中, 几乎所有的系统都具有一个共同的特点: 即均是根据交通流的统计规律设置信号配时。我们称这类系统为静态系统。这其中最有代表性的, 是分别由英国和美国研制的 TRANSYT 系统和

SIGOP 系统。目前它们已作为商品化的专利技术,输出到全世界各地。据悉,我国部分城市,例如北京、上海、深圳等准备引进的系统也属于此类。

TRANSYT 系统

TRANSYT (Traffic Network Study Tool) 是英国道路与运输研究所 (简称 TRRL) 交通控制专家 D. I. Robertson 于 1966 年提出的一种离线优化交通网络信号配时的算法。该算法自问世以来,迄今已更改了七次,其基本原理如图 1 所示。

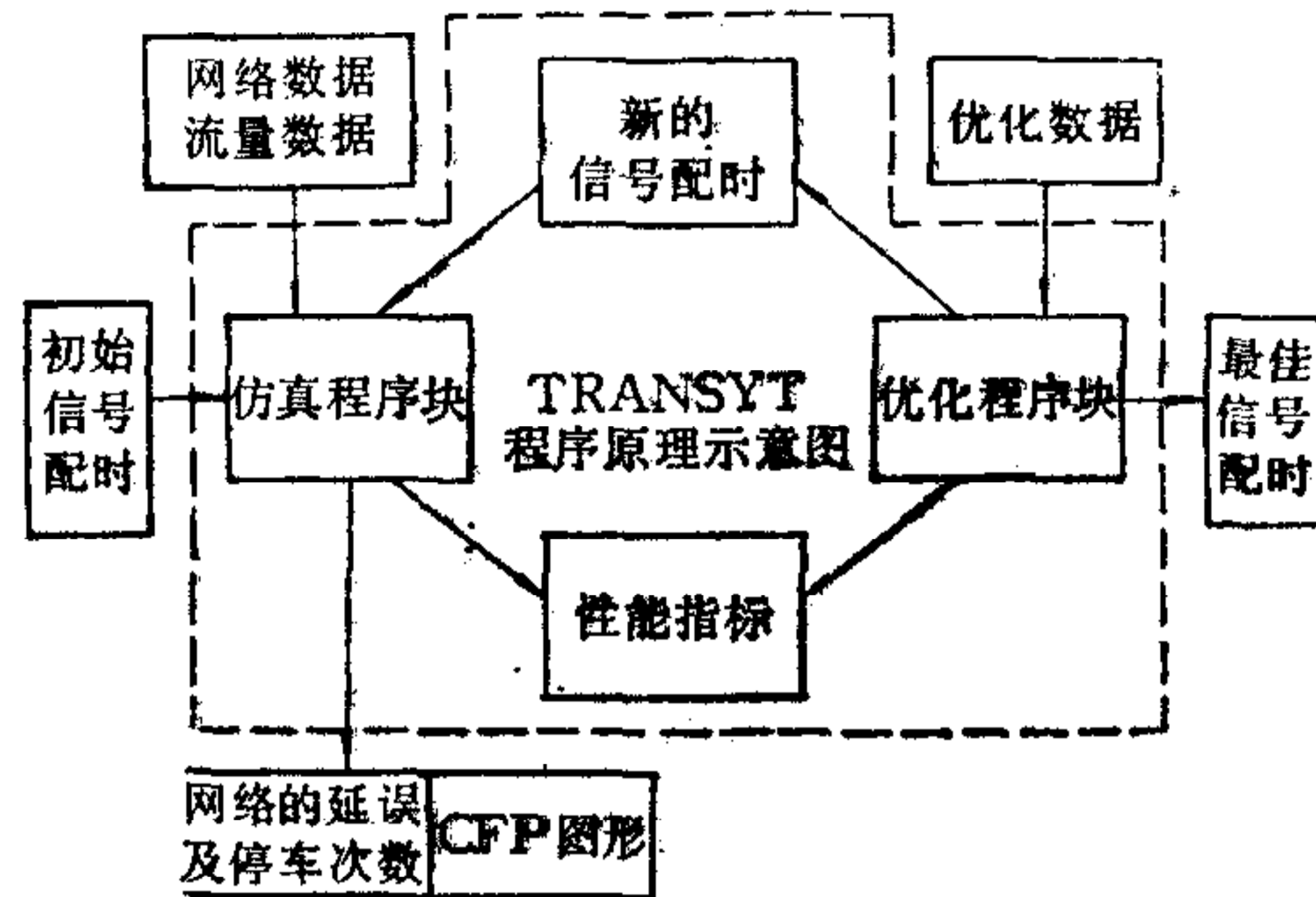


图 1 TRANSYT 系统基本原理图

系统主要由两部分组成: 1) 仿真模型部分; 2) 优化部分。系统以总延误时间和总停车次数的加权值作为目标函数。优化时,先将网络的几何尺寸、流量、初始配时等信息送入仿真模型部分。通过仿真,求得目标函数的值,将此值送入优化部分进行优化,然后返回仿真部分。如此在二者之间反复迭代寻优,以求得最佳信号配时。优化部分采用不用导数的直接优化方法中的爬山法。

TRANSYT 系统之所以能推广应用,其重要原因是它的仿真模型部分准确度较高。通常,为了使计算量减少,其模型应尽量简单,而为了准确地再现道路上的实际车流状况,又会使得模型复杂。如何在这两者中取得折衷,TRANSYT 给出了一个好的榜样。TRANSYT 模型更细致地考虑了交通流的实际情况。例如它考虑了车队离散 (Platoon Dispersion),而不是象其它方法那样将交通流的运动看作以平均车速、块状结构进行的。仅此一项变革就大大提高了网络流模型的精度,从而求出的信号配时也较以往的方案更切合实际。但 TRANSYT 系统也有一定的不足,比如:

1) 计算量大。因为优化是以系统仿真为基础的,所以无论系统模型怎样简化,其计算量仍是很大的,占计算机的内存也较多,当网络节点、支路增多时,这一问题更加突出。

2) 非综合最优。TRANSYT 的寻优只对绿信比 (Split)、相位时差 (Offset) 进行,而不涉及周期时间 (Cycle),故方案并不能保证整体最优。

此外,和其它静态系统一样,TRANSYT 系统也需要大量的网络几何尺寸信息和交通流信息,而这些数据的采集,不仅要花费大量的人力和物力,而且常常因为城市建设的飞速发展,其可信程度降低。一般 TRANSYT 系统每隔二、三年就要重新进行一次网络数据的采集、整理以制定新的控制方案。

尽管如此,TRANSYT 较之以往的系统,的确是向前跨出了一大步,并在广泛应用中

不断得到改进、完善。例如,最新的 TRANSYT-8,将油耗等引入目标函数,从而可直接比较各种配时方案的经济效益等等^[20]。

SIGOP 系统^[19]

SIGOP (Traffic Signal Optimization Program) 为美国交通研究公司与美国商业部公共道路局共同提出。其优化信号配时的思路与 TRANSYT 不同,基本原理如下:

首先只考虑理想情况,通过仿真,求得一组在理想情况下的理想配时。然后在网络实际情况的约束下,通过对实际配时与理想配时之差的加权平方和进行优化而得到最优配时,优化方法采用梯度法。

SIGOP 对参数的初值很敏感,不恰当的配时初值将导致计算量的急剧增加。另外,由于理想配时完全依赖于仿真的准确度,故 SIGOP 对仿真要求较高。此外,由于优化的目标函数没有明确的物理意义,故结果不很直观。

对 TRANSYT 和 SIGOP 的比较表明:单周期 TRANSYT 在各项指标上和 SIGOP 无显著差别,而倍周期 TRANSYT (Double Cycle TRANSYT) 较之 SIGOP 在平均旅程时间方面优越 4—5%。但由于 SIGOP 在实际使用时远没有 TRANSYT 方便,所以美国政府在七十年代已正式决定将 TRANSYT 作为美国城市交通静态系统的优化方法^[22]。七十年代后期,美国从英国购买了 TRANSYT-7 专利,结合美国国情进行移植。从 TRANSYT-7A 逐步改进到目前最新的 TRANSYT-7F。

除上述 TRANSYT 和 SIGOP 系统外,还有许多离线优化算法,这方面的工作可参阅文献[24—29]。通过近二十年的研究、探索、比较,目前人们普遍认为,所有的被公认为较成功的静态系统优化方法,其结果都是不相上下的。今后继续进行这方面的研究,其意义是不大的^[30]。

2. 动态系统

人们对动态系统进行研究的历史,并不比静态系统晚多少,可是这方面的工作却远不如静态系统那么成功,其间遇到不少挫折和失败。到了七十年代末八十年代初,世界上才出现了屈指可数的几个成功的城市交通动态控制系统。首先看一下美国的情况。

按照美国交通工程的实践,城市交通控制系统根据其实时性的差别被分为第一代、第二代和第三代。第一代系统即为静态系统以及程序控制式多段配时方案选择控制系统;第二代系统的实时性为 10—20 分钟,也即一般每隔 10—20 分钟系统重新调节一次配时;第三代系统的实时性为 2—3 分钟,它更能适合交通流不断变动的情况。控制方式和第二代系统一样,均为预测-控制的方法。

在美国联邦道路管理局(简称 FHWA)的领导下,大批的交通工程师和计算机专家们,花费了巨额资金,进行了十多年的研究,终于在 1975 年完成了对所有三代系统的研究、安装、调试和评价工作,通过一年左右的试运行,得出以下结论^[31]:

- 1) 第一代系统较之以前的经过优化的单点孤立控制方式,能减少延误大约 4—5%。
- 2) 第二代系统对主干道交通稍有改进,而对整个网络而言,其效果不如以往,这一结论和加拿大多伦多市的第二代系统的结论基本一致^[32,33]。

- 3) 第三代系统严重损坏了城市交通,在任何情况下,它都不如以往的系统,必须重新进行研究和实验。这种令人失望的结果,迫使 FHWA 于 1976 年拆除了安装在华盛顿特

区运行不到一年的第三代城市交通控制系统。

于此同时,在信号灯控制的诞生地英国,TRRL 在 TRANSYT 的基础上,采用适应式控制策略,经过 7—8 年的研究,于 1980 年提出了著名的 SCOOT (Split, Cycle, Offset Optimization Technique) 系统。经过在格拉斯哥、考文垂等地的实验,SCOOT 较之 TRANSYT 其平均车辆延误减少 12%,停车次数也有所减少^[34]。比相当成熟的 TRANSYT 有显著的进步。

SCOOT 系统的原理图如图 2 所示。通过安装于各路口每条车道最上游的车辆检测

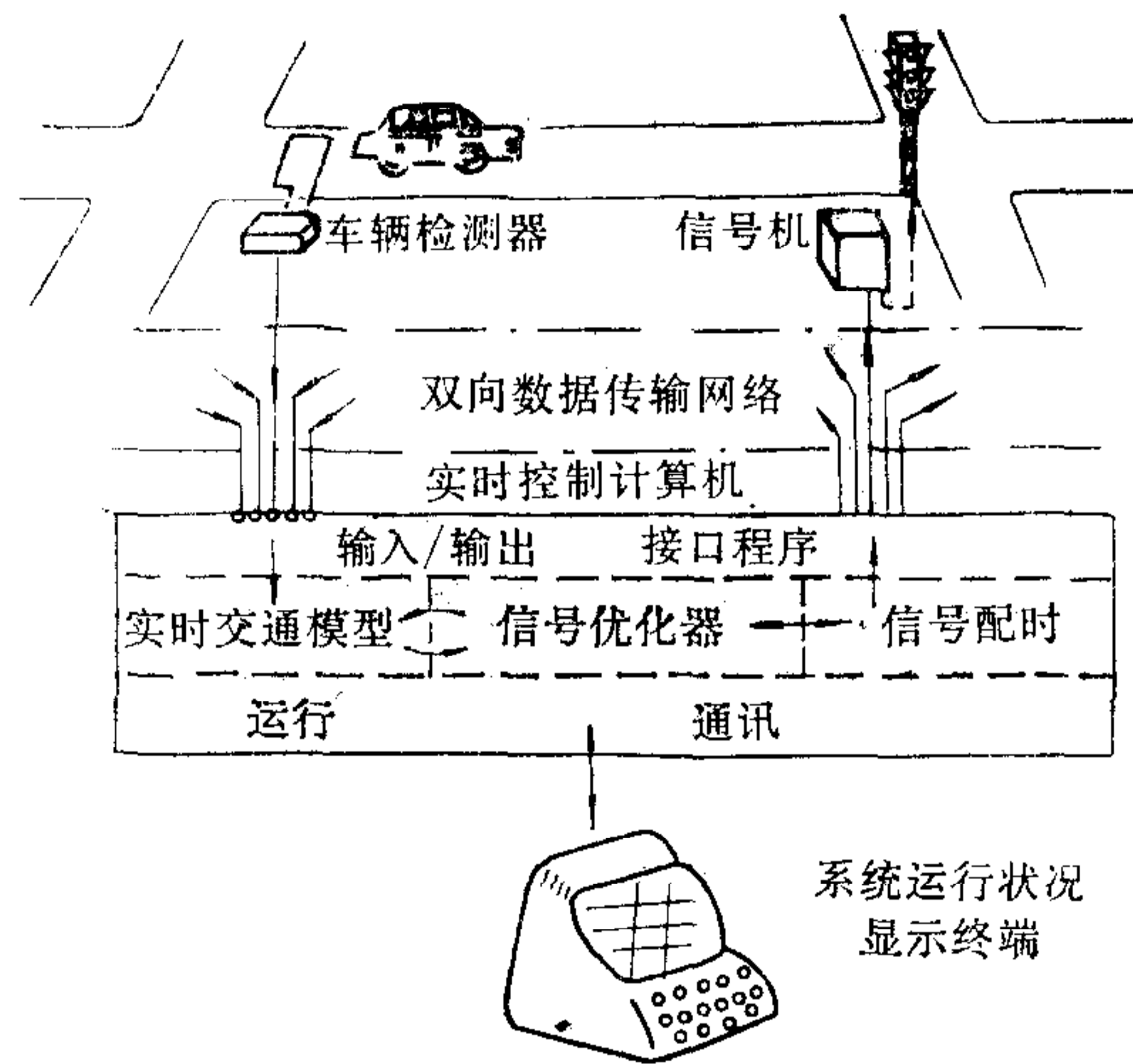


图 2 SCOOT 系统原理图

器所提供的信息,实时调整控制参数,作出控制决策。控制算法不需预测或只需极短时间的预测,网络优化采用自寻最优控制方式,计算量小。但由于 SCOOT 目前似属专利技术,有关系的详细情况均没有公开,所以人们对之不很了解。

在 SCOOT 试制成功的同时,澳大利亚在悉尼试验了所谓 SCATS(Sydney Coordinated Adaptive Traffic System) 系统^[35]。

SCATS 系统所采用的控制算法不同于 SCOOT。例如,它要求车辆检测器安装在紧

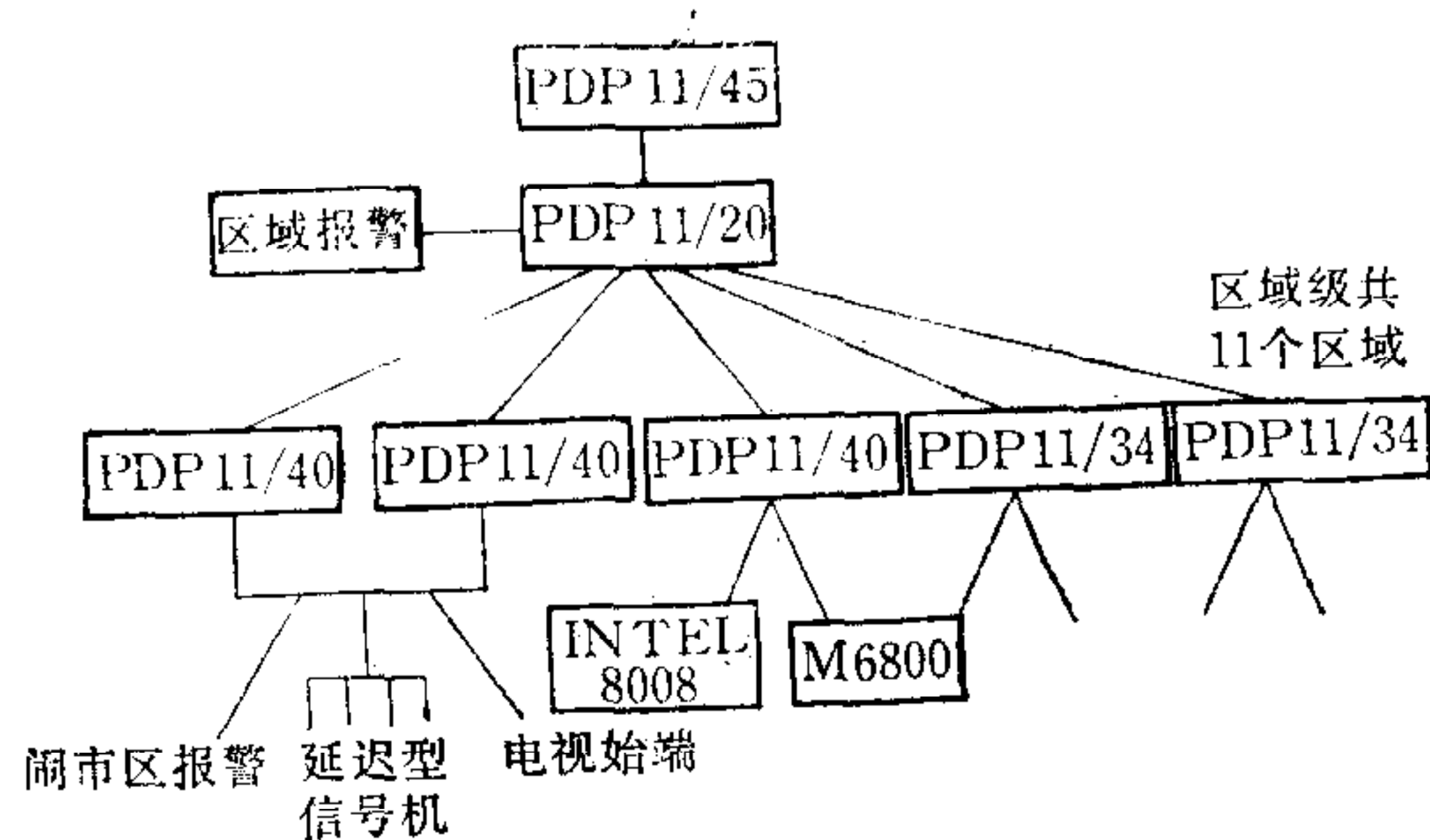


图 3 SCATS 系统硬件结构图

靠停车线的地方,这就和 SCOOT 成鲜明对照。试验表明, SCATS 较 TRANSYT 有较显著的提高^[36]。

SCATS 系统的一个显著特点,是它的硬件结构。如图 3 所示,采用先进的计算机网络技术,呈计算机分层递阶结构。所采用的信号装置为带微处理器的智能终端。整个网络分成若干个区域,各区域由一台 PDP11/40 或 PDP11/34 小型机控制,完成区域内各信号机的协调工作,整个网络由一台 PDP11/45 和一台 PDP11/20 小型机管理,执行高级指挥、人工干预等功能。系统结构成模块,易于更改、变化,且由于整个子系计算机化,所以变换控制方案极为方便,充分体现了计算机科学在城市交通领域中应用的优越性。

目前 SCOOT 系统和 SCATS 系统已得到人们的广泛承认,不少国家要求引进。我国北京市也已开始了引进 SCOOT 系统的工作。

四、几点看法

(1) 城市交通网络的动态控制技术极为复杂,可以说目前的研究还只处于开创时期,还有许多工作需要进行研究、实践。但各国的实践也说明:由于交通系统的不确定性、随机性,在整个城市交通网的范围内对交通流动态地进行协调、控制,才是理想的控制方法。

(2) 从英、美、澳等国所走过的道路及所采用的方法可以看出:传统的预测-控制方法似乎不是今后的发展方向,而简单易行的适应式控制策略,却是解决交通问题的“灵丹妙药”,应是今后重点研究的对象。

(3) 控制软件在整个交通控制系统中占着举足轻重的地位,即使在我们决定引进国外成品技术的今天,由于国情不同,研制适合我国国情的控制软件也有极为重要的意义。

(4) 城市交通控制问题,一方面对于改善城市的工作、学习及生活环境具有重要的意义,另一方面,为许多大型的复杂系统的控制提供了一个极为典型的背景,即为许多大型的控制问题的理论研究提供帮助。国外很早就在这方面开展工作,现在已取得了许多好的结果,同时也有不少问题。我国在此领域内赶超世界水平,是一个十分紧迫的任务,我们热切希望能和对此有兴趣的读者交流、讨论。

参 考 文 献

- [1] Singh, M. G., Tamura, H., Modelling and Hierarchical Optimization for Oversaturated Urban Road Traffic Network, *Int. J. Control*, **20**(1974), 913—934.
- [2] Lim, J. H. et al., Hierarchical Optimal Control of Oversaturated Urban Traffic, *Int. J. Control*, **33**(1981), 723—737.
- [3] Leninger, G. K., Colony, D. C., A New Traffic Design Method for Large Network with Singlized Intersection, *IFAC—A Link Between Science and Application of Automatic Control*, **2**(1978), 1567—1573.
- [4] Lin, D. et al., Hierarchical Techniques in Traffic Control, *Proc. of IFAC/IFIP/IFORS 3rd Int. Sym.* 1976, 163—171.
- [5] Singh, M. G. 著,李救安等译,大系统的动态递阶控制,科学出版社,1983,4.
- [6] 薛劲松等,城市交通网络的模型化技术和最优控制,信息与控制,1981,3.
- [7] Baras, J. S., et al., Discrete-time Point Process in Urban Traffic Queue Estimation, *IEEE Trans. AC-24* (1979), 12—27.
- [8] Baras, J. S. et al., Estimation of Platoon Structure from Headway Statistics, *IEEE Trans. AC-24*(1979), 553—559.

- [9] Levine, W. S., Survey of Modelling Techniques for Urban Traffic, 6th IFAC Sym. on Identification and System Parameter Estimation, 1982, 708—713.
- [10] Segall, A., Recursive Estimation from Discrete-time Point Process, *IEEE Trans. IT-22*(1976), 422—431.
- [11] Baras, J. S., Levine, W. S., Some Results on Computer Control of Urban Traffic, Proc. IFAC Sym. on Large Scale System Theory and Application, 1980, 449—458.
- [12] Kashini, H. R., Saradis, G. N., A Learning Algorithm for Adaptation to Traffic's Dynamic Variation, 6th IFAC Sym. on Identification and System Parameter Estimation, 1982, 719—723.
- [13] Menga, G., Patracco, P., Area Traffic Control: A Decentralized Approach, Proc. European Conf. on Applied Information Technology of IFIP, 1979, 303—311.
- [14] Mavleod, C. J., McCartney, Multi-level Control of Road Traffic Networks Using Microprocessors, IEE Trends on On-line Computer Control System, 1979, 126—131.
- [15] Sanderson, L. B., Lord, J. C., Microprocessor promise Less Stop, More Go, *IEEE Spectrum*, Nov. 1978, 30—32.
- [16] Lum M. et al., A Distributed Computer System for Street Traffic System, Proc. 19th IEEE Conf. on Decision and Control, 1980, 1044—1049.
- [17] Pinnel, C., Wilshire, R. L., Areawide Multilevel Traffic Control System, Proc. of IFAC/IFIP/IFORS 3rd Int. Sym. 1976, 339—348.
- [18] Robertson, D. I., TRANSYT: A Traffic Network Study Tool, Ministry of Transport, TRRL LR 253.
- [19] Traffic Research Corporation Report: (PB 173783) SIGOP: Traffic Signal Optimization Program, A Computer Program to Calculate Optimum Coordination in a Grid Network of Synchronized Traffic Signals.
- [20] Vincent, R. A. et al., User's Guide to TRANSYT Version 8, TRRL LR 888, 1980.
- [21] May, A. D., Some Fixed-time Signal Control Program, Preprints of 2nd IFAC/IFIP/IFORS Int. Sym., 1974.
- [22] MacGown, C. J., Lum, H. S., GIGOP or TRANSYT? *Traffic Engineering*, 1975, 46—50.
- [23] Huddart, K. W., Turner, E. D., Traffic Signal Progression—G. L. C. Combination Method, *Traffic Engineering and Control*, 1969, 320—327.
- [24] Gartner, N. H. et al., Steady State Traffic Optimization by MITROP, Proc. of IFAC/IFIP/IFORS 3rd Int. Sym. 1976, 315—327.
- [25] Gartner, N. H. et al., Optimization of Traffic Signal Settings in Networks by Mixed-integer Linear Programming Operational Research Center, M. I. T., Cambridge, Tech. Report 91, 1974.
- [26] Chien, E. et al., Optimal Control of Urban Traffic Signals by Means of Band Transformation, Proc. of IFAC-IFIP/IFORS 3rd Int. Sym., 1976, 153—161.
- [27] Lopez, J., A Computer Method for Setting Times of Traffic Lights which Optimize Traffic Operation, *Operational Research*'78, 662—693.
- [28] Okutani, I., Synchronization of Traffic Signals for Loss Minimizing Offsets, Proc. 5th Int. Congress on the Theory of Traffic Flow and Transportation, 297—311.
- [29] Gartner, N. H., Optimal Synchronization of Traffic Signal Networks by Dynamic Programming, Proc. 5th Int. Congress on the Theory of Traffic Flow and Transportation, 281—295.
- [30] Tarnoff, P. J., MacGown, C. J., A Report on Urban Traffic Control Research Conducted by Federal Highway Administration, Proc. of 3rd IFAC/IFIP/IFORS Int. Sym., 1976, 307—314.
- [31] Tarnoff, P. J. et al., Concepts and Strategies—Urban Street Systems, Proc. of Int. Sym. on Traffic Control Held at U. C. Berkeley, Vol. 1, Resource Papers, 1—12.
- [32] Rach, L., The Development and Evaluation of Metropolitan Toronto's Real-time Program for Computerized Traffic Control Devices, Proc. of 3rd IFAC/IFIP/IFORS Int. Sym., 1976, 349—362.
- [33] ———— Area Traffic Control in Toronto, *Traffic Engineering and Control*, 1980, 444.
- [34] Hunt, P. B. et al., SCOOT: A Traffic Responsive Method of Coordinating Signals, TRRL LR 1014.
- [35] Lowrie, P. R., The Sydney Coordinated Adaptive Traffic System: Principles, Methodology and Algorithms IEE Int. Conf. on Road Traffic Signalling, 1982.
- [36] Luk, J., SCATS—Application and Field Comparison with a TRANSYT Optimized Fixed-time System, IEE Int. Conf. on Road Traffic Signalling, 1982.

A REVIEW OF COORDINATED URBAN TRAFFIC CONTROL

LIU XI ZOU ZUOJUN

(*Institute of Automation, Academia Sinica*)

ABSTRACT

The signalling of urban traffic is a very important part of urban traffic management. It takes people quite a long time to reach today's system engineering and computer based efficient signal control system from the early safety oriented signal control. The evolution of modelling techniques and control software during this process is reviewed in the paper, with particular comments on some of the well-known systems like TRANSYT, SIGOP and SCATS. Based on this review the authors' personal view on the further research directions in this field for China is given.

第四届 IFAC 控制系统计算机辅助设计 会议 (CADCS'88) 征文通知

兹定于 1988 年 8 月 23 至 25 日在北京召开 CADCS' 88 会议, 欢迎国内外科技工作者积极投稿。征文范围为: 控制系统计算机辅助设计和分析; 控制系统 CAD 专家系统; CADCS 在工程中的应用等。应征论文请用英文写成药 500 字的摘要一式五份, 在 1987 年 7 月 15 日前寄到 CADCS'88 会议秘书处, 地址为: 北京 919 信箱中国自动化学会应用委员会陈振宇。摘要录取后再请作者按通知打印寄送全文。

CADCS'88 会议秘书处