

# 引進全動態時制法交通策略 應用於國內都市號誌設計



交通部運輸研究所

中華民國七十九年四月

# 交通部運輸研究所出版品摘要表

出版品名稱 中文：引進全動態時制法交通策略應用於國內都市號誌設計 外文：The Study of Adaptive Control Strategy applied on Taiwan Urban Signal Design			
行政機關出版品統一編號 09109790048		運輸研究所出版品編號 79-8-344	
本所計劃：林大煌 主持人 研究人員：曹瑞和		合作研究單位：國立成功大學交通管理科學研究所 計劃主持人：何志宏 研究人員：丁國樑、李樑堅、廖堅志、馮惠蓮、李月仙、劉子剛、張舜清、林鴻基、陸立德等	
研究方式 <input type="checkbox"/> 自行辦理—主辦單位： <input checked="" type="checkbox"/> 合作辦理—合作研究單位：國立成功大學交通管理科學研究所 地 址：台南市大學路一號 聯絡電話：(02)236-1111轉605		研究期間 自 78年4月 至 78年11月	
關鍵詞：全動態時制法、二元決策、過程性決策、SAST、OPAC			
摘 要：經由選擇國內適宜路口，蒐集車流特性資料，進行車輛推進行為分析，建立符合國內環境之車流模擬模式，同時透過SAST系統之實證分析與績效評估，探討分析全動態時制法交通策略應用於國內都市號誌設計之可行性，諸如偵測器數量與位置、目標函數選擇、時制決策之時間長度等，並研擬具體可行作法。			
出版日期	頁數	工本費	本 出 版 品 取 得 方 式
79年4月	177		<input checked="" type="checkbox"/> 洽本所免費贈閱 (限公營或公益機關團體) <input checked="" type="checkbox"/> 洽本所訂購 <input type="checkbox"/> 其他 ( )
管制等級 本版品： <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 解密日期為 年 月 日 <input type="checkbox"/> 承辦單位視情況解密 <input checked="" type="checkbox"/> 一般		本表： <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 解密日期為 年 月 日 <input type="checkbox"/> 承辦單位視情況解密 <input checked="" type="checkbox"/> 一般	
備 註：			

# 目 錄

## 表目錄

## 圖目錄

## 第一章 緒 論

1.1 研究動機	1
1.2 研究目的	1
1.3 研究內容	2
1.4 研究方法	2
1.5 研究流程	4

## 第二章 FHWA最近之研究發展與TRAF軟體之開發

2.1 FHWA最新研究介紹	5
2.2 TRAF整合模擬套裝軟體	17

## 第三章 全動態號誌控制理論

3.1 交通號誌控制策略概述	26
3.2 全動態號誌控制策略概述	38
3.3 號誌時制逐步調整法(SAST)理論	50
3.4 全動態控制之最佳化策略(OPAC)理論	57
3.5 全動態控制策略之課題與未來發展	69

## 第四章 國內電腦化都市交通控制系統之發展現況

4.1 概 述	72
4.2 第二代電腦化動態交通控制系統(COMDYCS-II)簡介	75
4.3 TRUSTS 系統簡介	94

4.4 結 語	99
---------	----

## 第五章 車流模擬模式之構建

5.1 基本資料蒐集與分析	102
5.2 車輛推進行爲分析	118
5.3 車流模擬模式之構建	124
5.4 車流模擬模式之驗證	133

## 第六章 SAST時制決策模式之建立與模擬分析

6.1 SAST時制決策模式之基本假設	136
6.2 SAST時制決策模式之模擬架構	137
6.3 SAST時制決策模式模擬分析	140

## 第七章 SAST模式實證分析與績效評估

7.1 SAST實證架構之建立	143
7.2 SAST之重要參數值設計分析	145
7.3 SAST實證調查工作	155
7.4 SAST實證結果分析	157

## 第八章 結論與建議

8.1 結論與檢討	162
8.2 建 議	163

## 附錄

## 參考文獻

# 表 目 錄

表 2. 1 UTCS 控制策略比較	20
表 4. 1 中山路幹道時制計劃表	90
表 5. 1 路口幾何資料(金華－健康路口)	104
表 5. 2 金華－健康固定時制設定表	104
表 5. 3 車流到達型態檢定表	105
表 5. 4 車輛到達速率常態分配卡方檢定表	106
表 5. 5 汽車大小車比例	106
表 5. 6 轉向比例	106
表 5. 7 車輛尺寸表	116
表 5. 8 各類型車輛之正常及最大減速率	117
表 5. 9 車輛屬性表	127
表 5.10 機車進入系統位置分配表	127
表 5.11 車流模擬模式與實際調查之大小車比例值	133
表 5.12 車流模擬模式與實際調查之轉向比例比較值	134
表 5.13 車流模擬模式與實際調查之機車進系統位置分配表	134
表 5.14 模擬模式輸出與路口實際路口之績效值	135
表 6. 1 SAST交控模式與定時時制平均停等延滯比較表	141
表 6. 2 SAST交控模式與定時時制旅行延滯比較表	141
表 7. 1 金華－健康路口各方向清道時間值	146
表 7. 2 金華－健康路口各方向最短綠燈值	147
表 7. 3 金華－健康路口最大綠燈值	148

表 7. 4 金華－健康路口各方向紓解間距 (sec)	151
表 7. 5 (金華－健康)黃燈後5秒通過之車輛數及其百分比	152
表 7. 6 停車間距分析表	154
表 7. 7 金華－健康路口不同方向各時段之平均旅行時間	156
表 7. 8 金華－健康路口全動態 SAST 模式與動態查表時制績效比較	158
表 7. 9 金華－健康路口全動態 SAST 模式與固定時制績效比較	159

# 圖 目 錄

圖 1. 1 研究流程	4
圖 2. 1 公路顧問系統 (HAR)	6
圖 2. 2 電子路儀導引系統 (ERGS)	8
圖 2. 3 AUTOGUIDE與 LISB系統	10
圖 2. 4 道路/車輛通訊系 RACS	12
圖 2. 5 ATSAC控制系統架構	15
圖 2. 6 TRAF架構圖	19
圖 2. 7 TRAF路網範例圖	20
圖 2. 8 TRAF-NETSIM左轉車道示意圖	23
圖 3. 1 延滯值利益與成本比較圖	48
圖 3. 2 SAST綠燈調整之決策程序	52
圖 3. 3 等候車隊長度門檻值對延滯之影響	54
圖 3. 4 SAST時制最佳化程序	56
圖 3. 5 時序轉換示意圖	59
圖 3. 6 流量剖面圖	60
圖 3. 7 一個兩時相號誌之需求感應式策略實例圖	61
圖 3. 8 水平推移方法示意圖	62
圖 3. 9 OPAC系統整體架構圖	65
圖 3.10 OPAC-RT運算邏輯	66
圖 4. 1 控制中心硬體設備架構圖	76
圖 4. 2 路口通訊系統系概要圖	78

圖 4. 3 電腦化動態交通控制系之軟體架構	81
圖 4. 4 交通感應式系統時制產生之規劃流程	88
圖 4. 5 中山路幹道時間空間圖	90
圖 4. 6 TRUSTS整體系統網路架構	95
圖 4. 7 交控軟體模式控制流程圖	97
圖 5. 1 金華－健康路口圖	103
圖 5. 2 號誌交叉路口，幹道左轉之接受間距圖	108
圖 5. 3 交叉路口左轉接受與拒絕間的分佈	109
圖 5. 4 左轉車軌跡圖	111
圖 5. 5 直行車軌跡圖	113
圖 5. 6 右轉車軌跡圖	115
圖 5. 7 車輛最大可能前進範圍	122
圖 5. 8 模擬系統之座標圖	125
圖 5. 9 傅耀南君之車輛推進過程	129
圖 5.10 車輛推進圖	129
圖 6. 1 SAST時制決模式模擬流程	138
圖 7. 1 SAST交通參數資料調查示意圖	144



# 第一章 緒 論

## 1.1 研究動機

國內由於經濟的突飛猛進，促使都市之成長與擴張更加地迅速，相對地旅運活動需求也隨之遽增，尤其是尖峰時刻，路上人車擁擠情形更是觸目可及。隨之而來旅行時間與行車延滯也就日益增加。爲了謀求緩和交通狀況之惡化，同時有效地利用交通號誌設施使車流能運行流暢，以減少無謂的停等及延滯，就成爲交通工程師所常用的短期改善策略。

目前國內所實施的交通號誌控制策略，諸如：固定時制、動態化電腦交控策略等率皆屬於UTCS第一、二代下的同級產物，並非真正的即時時制反應，同時又有時制轉換期間甚長等缺失；基於這些原因，發展更爲成熟進步的控制策略實是刻不容緩的課題，而全動態時制法交通策略，即所謂的適應性控制策略(Adaptive Control Strategy)，(以下均同)，可說正是目前國際上爲克服此項問題所積極研究的重要方向之一，是以極具深入探討的價值。

## 1.2 研究目的

- 1.瞭解目前國際上全動態(或適應性)控制策略之最新發展趨勢。
- 2.針對國內車流特性，蒐集所需資料，建立車流模擬模式，以作爲交通控制理論研究發展之基礎。

3. 評估全動態號誌控制理論在國內實施之可行性，進而研擬出適合國情的交通控制策略。
4. 透過技術講習會的舉辦，以加強國內外交通號誌學術之交流與合作，進而提昇國內交通號誌科技之學術研究水準。

### 1.3 研究內容

1. 舉辦「全動態交通號誌控制策略學術研討會」邀請旅美學人林豐博博士與劉俊嘉博士回國主講，研討會日程與內容參見附錄說明。
2. 先從台南市選擇適宜之路口，進行車流運行之錄影拍攝，以蒐集車流特性資料。
3. 經由車輛推進行為分析，建立符合國內環境之車流模擬模式，以作為日後進一步研究之基礎；而車流模擬模式則涵蓋了路段以及路口之車流模擬模式。
4. 分析國內現行交控策略（包括：靜態定時式、動態查表式與動態運算式等）的優點，以供研擬未來發展方向之依據。
5. 深入探討全動態號誌控制之理論與模式架構。
6. 研擬國內發展全動態號誌控制之可行作法，諸如偵測器數量與位置、目標函數之選擇、時制決策之時間長度等，皆一一予以分析考慮。

### 1.4 研究方法

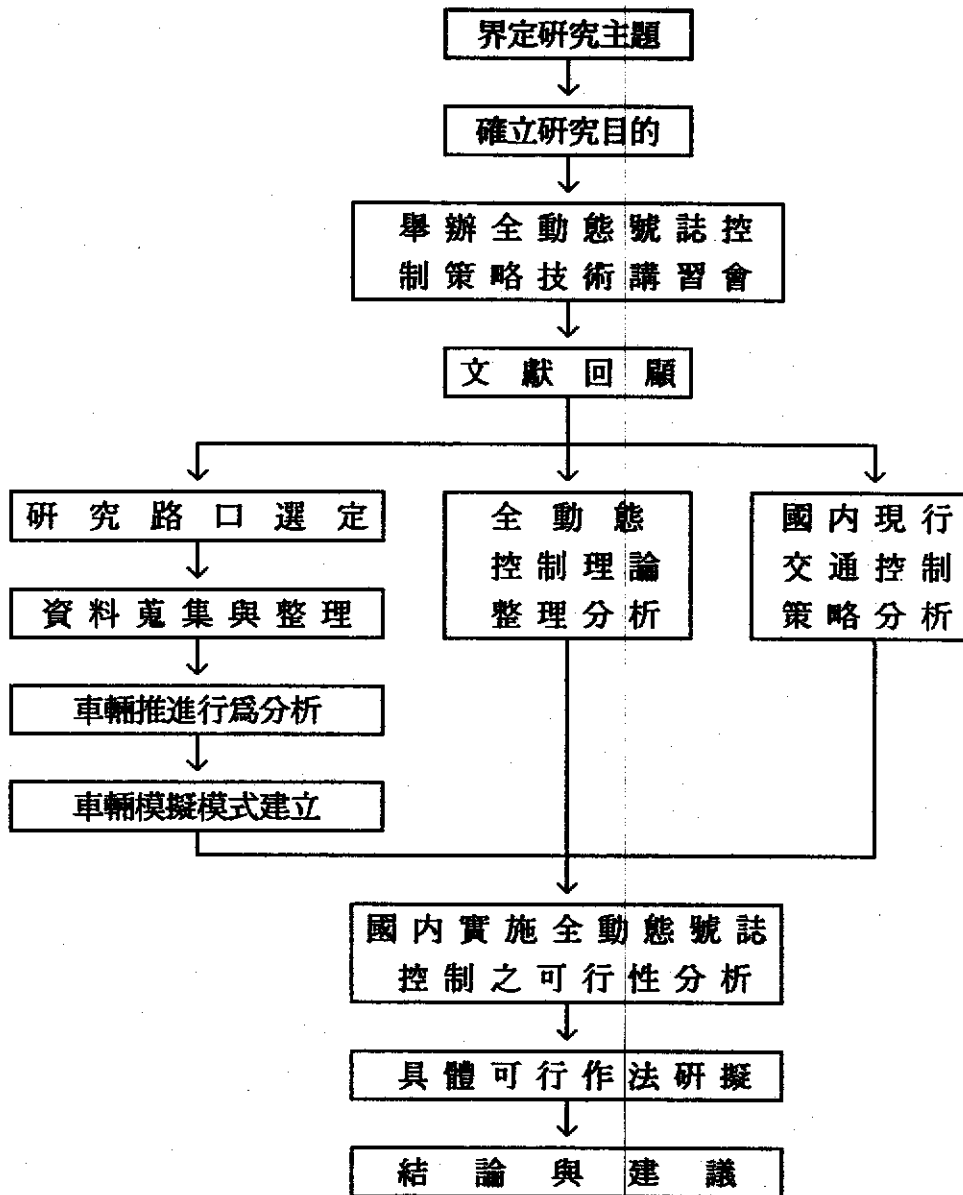
交通號誌控制方法，最早期的是所謂定時時制(Fixed Time)之方式，其後藉車輛偵測器的使用，帶動了號誌控制技術的進步，諸如交通反應式(Traffic Responsive)的動態控制與感應式(Actuated)控制

等方法皆屬之，其結果雖在績效上較早期的定時時制略有增進，然其控制架構仍有若干難以克服之缺失。自1970年代以來，較進步之適應性控制方法遂逐漸受到重視，諸如SCOOT、SCAT、MOVA、OPAC、SAST等，其中SCOOT、SCAT係屬於第三代的交控策略，其實地運作績效已由佳評不斷所肯定，而林豐博教授所提出之SAST方法，則在於針對上述已運作中之系統提出更具彈性與時效之控制架構。

整體而言，SAST系統除了路段旅行時間假設為固定值外，整個邏輯分析過程皆十分正確，故僅就獨立路口而言，可謂最佳時制分析策略，然而當其擴大至整條幹道或是整個網路系統時，則尚待進一步研究是否必須加以連鎖以及如何連鎖之問題，另外，對於機車車流之分析也須研擬出合理可行的方法，方能在國內有效的應用。

## 1.5 研究流程

如圖1.1所示：



**圖1.1 研究流程**

## 第二章 FHWA最新之研究發展與 TRAF軟體之開發

### 2.1 FHWA最新研究介紹

FHWA近幾年之研究集中於以下四項科技領域：

- 1.車內資訊系統(In-Vehicle Information Systems)
- 2.自動化公路系統(Automated Highway System)
- 3.即時交通控制系統(Real-time Traffic Control System)
- 4.電腦模擬(Computer Simulation)

以下分別加以介紹。

#### 2.1.1 車內資訊系統

- 1.公路顧問系統(Highway Advisory Radio,HAR)，如圖2.1所示。

其特色包括：

- (1)70年代開始發展，至1977年，FCC開始加以管制，要申請特別波段，目前有固定的幾個波段可使用。
- (2)利用低電量之訊號發射器裝設在路邊，車輛駛過時發出訊號使車輛收到。
- (3)只限於政府部門，不得參雜廣告，且專門用於交通方面。
- (4)可涵蓋之範圍：2哩。
- (5)任何訊息至少須播放二遍。
- (6)通常設於車站及火車站附近地區。

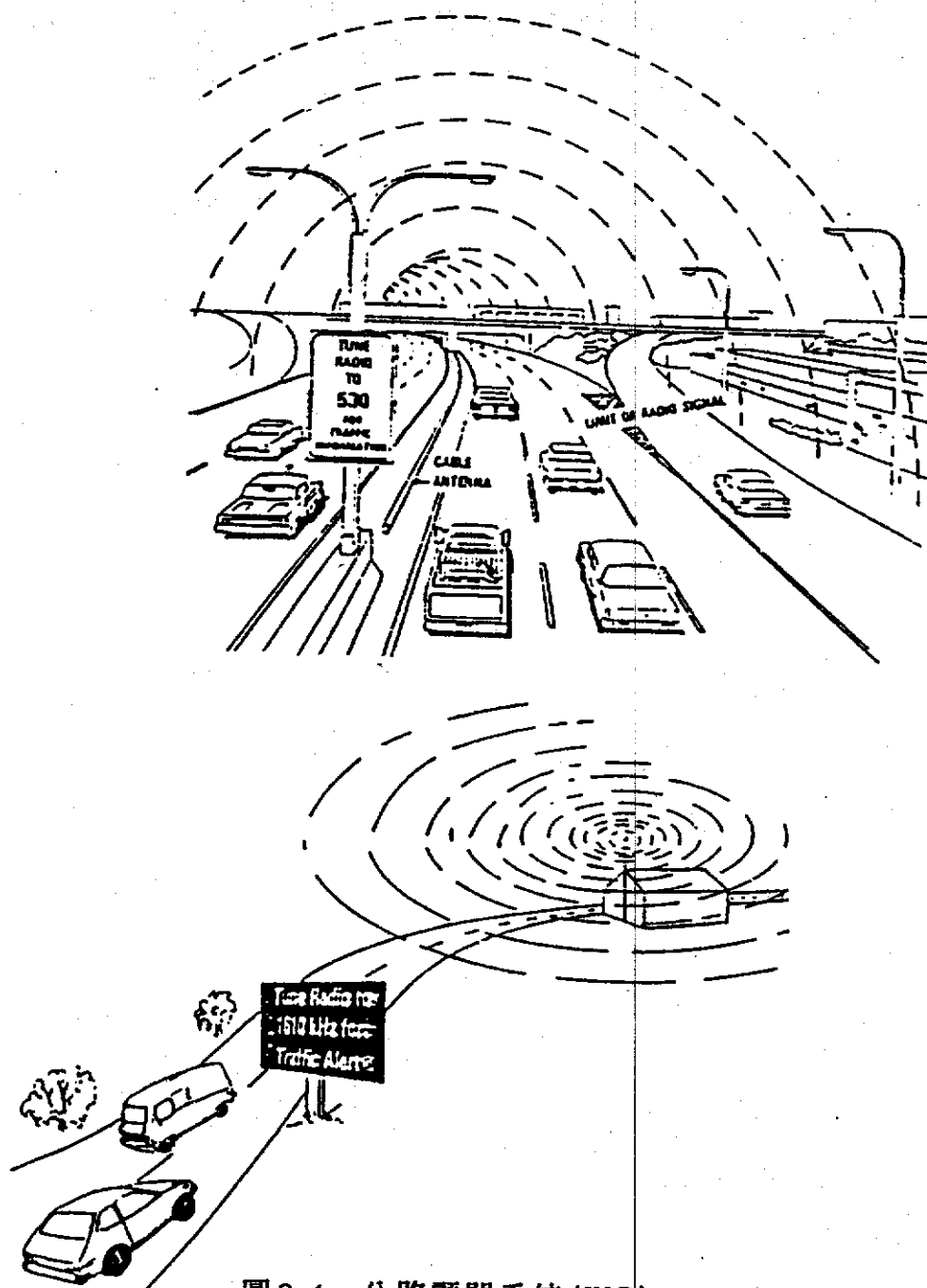


圖 2.1 公路顧問系統 (HAR)

(7)使用兩個頻道：530和1610秒KHZ AM。

(8)目前仍有許多的缺點。

## 2. 自動化公路顧問系統 (Automatic Highway Advisory Radio, AHAR)

其特色如下：

(1)1980年代開始發展。

(2)專用頻道：45.8 MHZ FM。

(3)可自動切斷車上收音機正常節目並重複此種資訊至少二次。

(4)優點：不用轉換頻道，以避免干擾。

(5)缺點：須備有變換器 (Adaptor)，方可使用。

## 3. 廣播資訊系統 (Radio Data System, RDS)

其特色如下：

(1)發展於歐洲，至1983年成立歐洲廣播聯盟 (European Broadcasting Union) 之組織。

(2)與AHAR相似，使用FM頻道，為數位式資訊 (Digital Message)。

(3)沒有固定頻道，當由甲地至乙地時，會自動轉換頻道。

(4)可自動更新資訊。

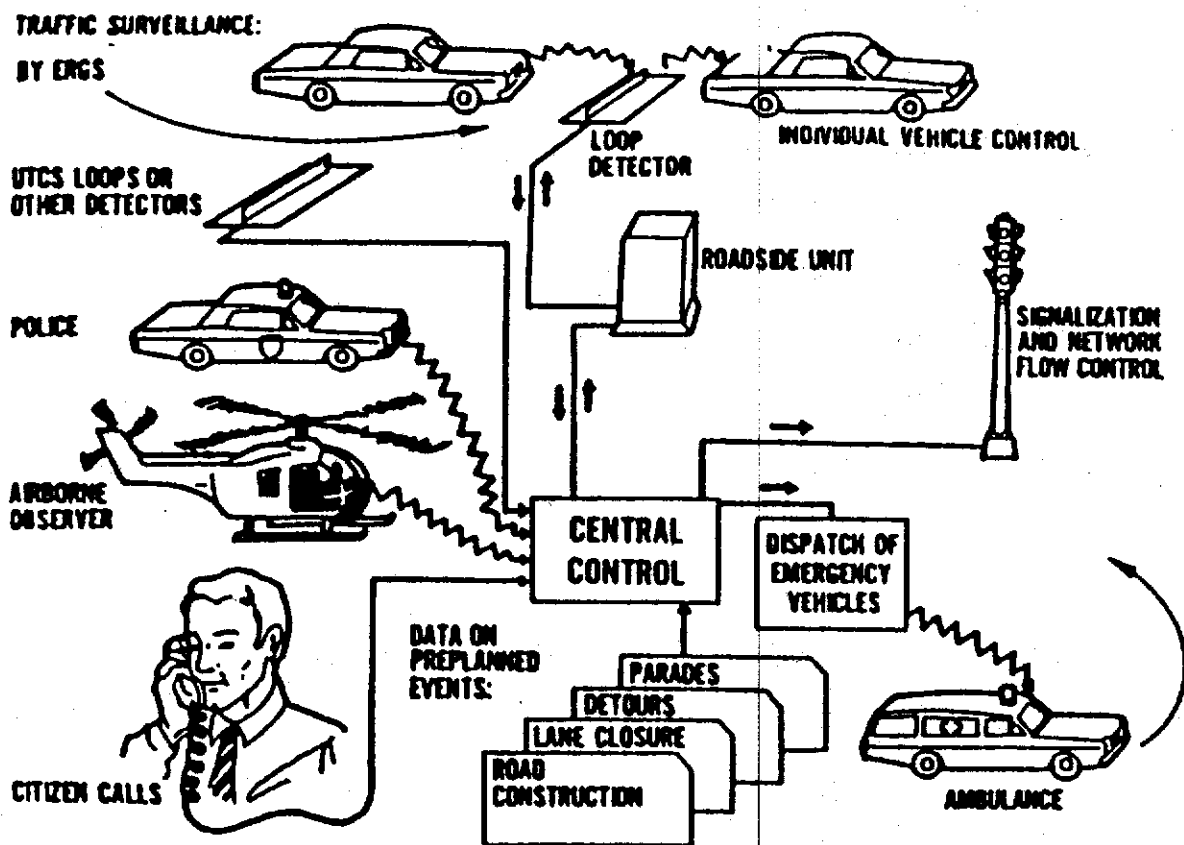
(5)裝置成本僅50元。

(6)效益成本比達10：1。

### 2.1.2 自動化公路系統

#### 1. 電子路線導引系統 (Electronic Route Guidance System, ERGS)，

如圖2.2所示。其特色如下：



ERGS Dynamic Route Guidance Concept

圖 2.2 電子路儀導引系統 ERGS



- (1)據調查目前道路交通系統導致6.4%之額外行駛路線損失及12%之額外旅行時間損失，造成每年損失美金達500億元。
- (2)都市交通擁擠情形造成資源浪費。
- (3)此一路線導引系統，可指引迷路者及受交通擁擠者之適當可行道路，故必能減少上述資源浪費。

## 2. PATHFINDER

其特色如下：

- (1)由FHWA、加州交通部及GM公司三方面共同合作。
- (2)ETAK Navigator建立一Map Database，車內裝置一銀幕，可顯示地圖，且地圖隨著車行方向轉動並隨時指引方向。
- (3)採雙向通訊方式，即中心向車輛提供方向資訊，另方面車輛向中心提供旅行時間與路況資料。
- (4)主要應用於大洛杉磯地區，在Santa Monica Freeway與其平行道路上使用，合計有五條。
- (5)整個計畫稱為"先進走廊"(Smart Corridor)計畫。

## 3. AUTOGUIDE And LISB，如圖2.3所示。

其特色如下：

- (1)以路邊的訊號發送桿(Beacons)來交換訊息。
- (2)可利用紅外線傳遞訊息。
- (3)可顯示地圖與交通資訊合併在一起之資訊。
- (4)訊號發送桿之間可進行固定推算(Dead Reckoning)與地圖配適(Map Matching)。

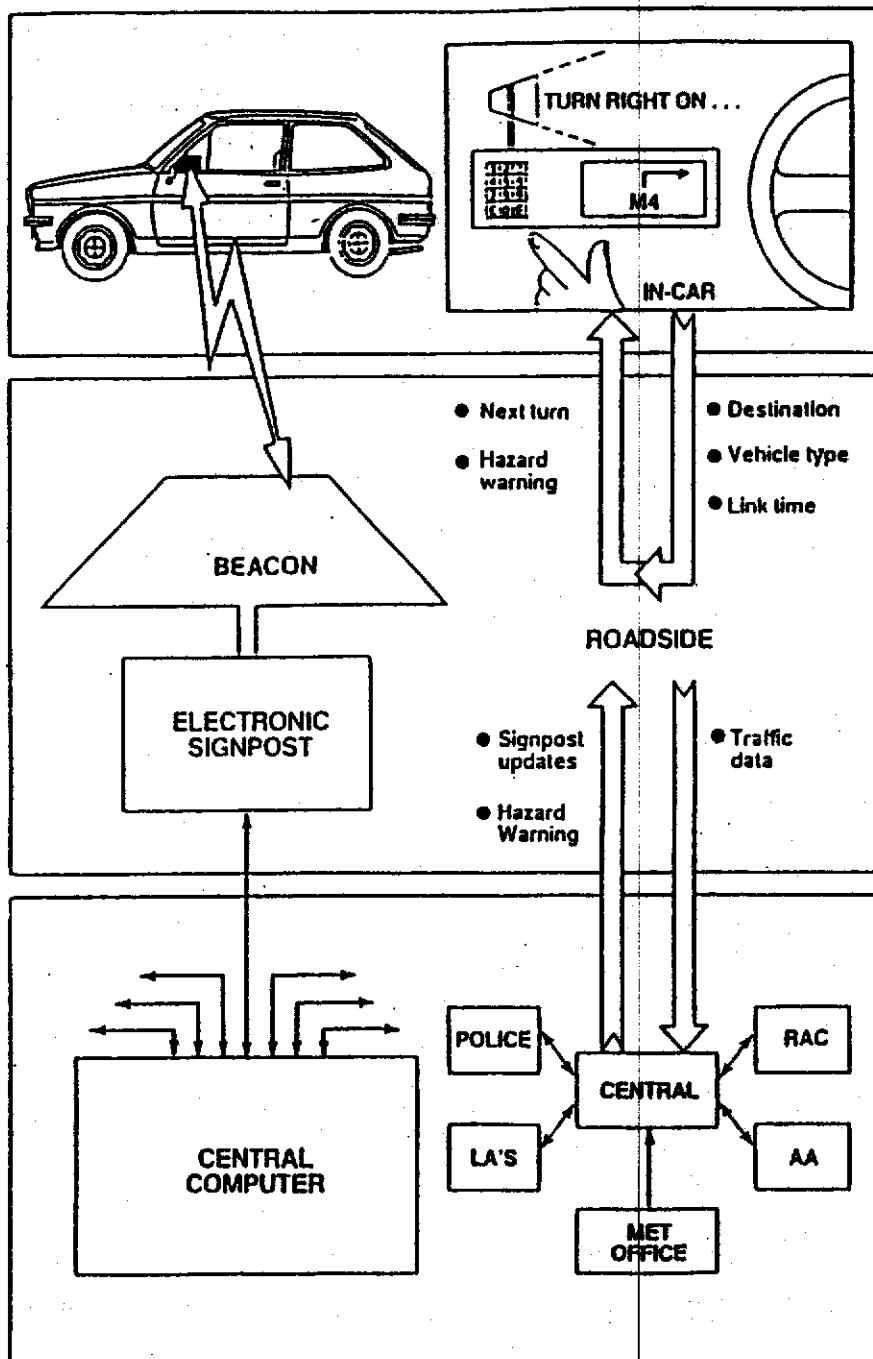


圖 2.3 AUTOGUIDE與 LISB系統

(5) 固定推算：以二個里程表來顯示左右輪各別所走之里程。

(6) 固定推算車輛訊息及時制到控制中心，且必須從事路網指派。

#### 4. 道路/車輛通訊系統 (Road/Automobile Communication System, RACS)

如圖 2.4 所示。其特色如下：

(1) 日本所發展。

(2) 設立 93 個微波訊號發送桿 (Beacons)，可以更新車內地圖。

(3) 車輛位置誤差 (Car Position Error) < 5%。

(4) 訊號發送桿設置密度：(a) 在 CBD 為 2KM

(b) 在 URBAN 為 3-5KM

(c) 在 RURAL 為 5-10KM

#### 5. 用路人因素研究 (Human Factors Research)

其特色如下：

(1) 車內顯示與控制系統 (In-Vehicle Displays and Controls) 之設計必須考慮到安全。

(2) 駕駛模擬室 (HYSIM)：具有各種路況資訊，隨駕駛者之操作而變化。

#### 6. 自動化公路系統 (Automated Highway Systems)

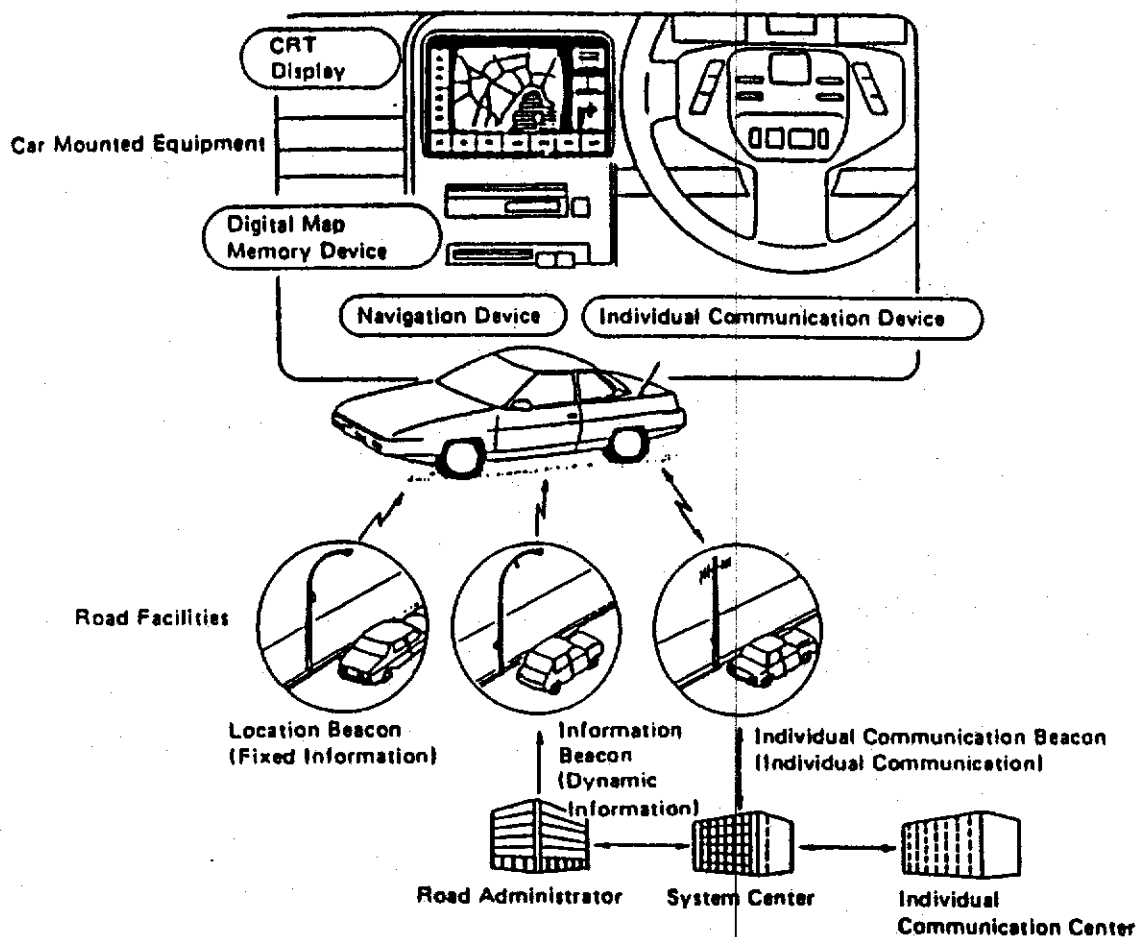
其特色如下：

(1) 使用“先進式”車輛 ("Smart" Car)。

(2) 戶到戶行駛路線 (Routing)。

(3) 自動車輛驗明 (Automatic Vehicle Identification, AVI) 功能：

當通過收費站時，不須減速，設有偵測器可驗明車輛之通過，並



System Image of RACS

圖 2.4 道路/車輛通訊系統 RACS

自動記錄，每個月寄出帳單。

(4)自動車輛位置 (Automatic Vehicle Location, AVL)功能：

可偵測到車輛之實際位置。

(5)橫向導引 (Lateral Guidance)與駕駛盤控制 (Steering Control)

功能：車上裝有雷達，路邊設有偵測器。

(6)縱向導引 (Longitudinal Guidance)功能包括：間距控制 (Headway Control)、速率控制 (Speed Control)、雷達剎車 (Radar Braking)。

(7)自動車道變換 (Automated Lane Changing)－併入與分出 (Merging and Diverging)。

7.自動化公路之政策課題：

(1)容量 (Capacity)：1800veh/hr。

(2)公平性 (Equity)：指公路使用權之控制須維持公平性。

(3)私密性 (Privacy)。

(4)安全與意外責任 (Safety and Liability)。

(5)空氣品質與噪音 (Air Quality and Noise)。

(6)發展初期之效率 (Efficiency of Early Stages)。

### 2.1.3 即時交通控制系統 (Real-time Traffic Control System)

1.都市交通控制系統 (Urban Traffic Control System, UTCS)

(1)第一代 (1st Generation)：(a)Manual

(b)Time of Day, Day of Week

### (c)Traffic Responsive

(2)第二代(2nd Generation): 本身具有交通量預測, 並可轉換時制。

(3)第一. 五代(1.5th Generation): 能計算並更新時制。

如圖2.5及表2.1所示。

#### 2.高速公路監控系統(Freeway Surveillance and Control)

(1)匝道控制(Ramp Control)。

(2)事故偵測(Incidence Detection)。

(3)鑽石型交流道運作(Diamond Interchange Operation)。

(4)可變資訊標誌(Variable Message Signs)。

(5)Chicago之系統計有超過 300miles的高速公路、1800個偵測器、

91處實施匝道控制, 共有14個機構相互合作, 將廣播電台與電視台與控制中心相連、系統整合後車輛延滯降低25-30%。

#### 3.偵測器科技(Detector Technology)

(1)自行驅動之車輛偵測器(Self-Powered Vehicle Detector, SPVD)。

(2)FCC在1984年已經批准使用。

(3)大面積偵測系統(Wide Area Detection System, WADS)

即利用Video攝影, 可同時將整條車道攝入鏡頭, 但視線不良會不夠清楚。

#### 2.1.4 電腦模擬(Computer Simulation)

1.模擬套裝程式TRAF(Simulation Package)包括:

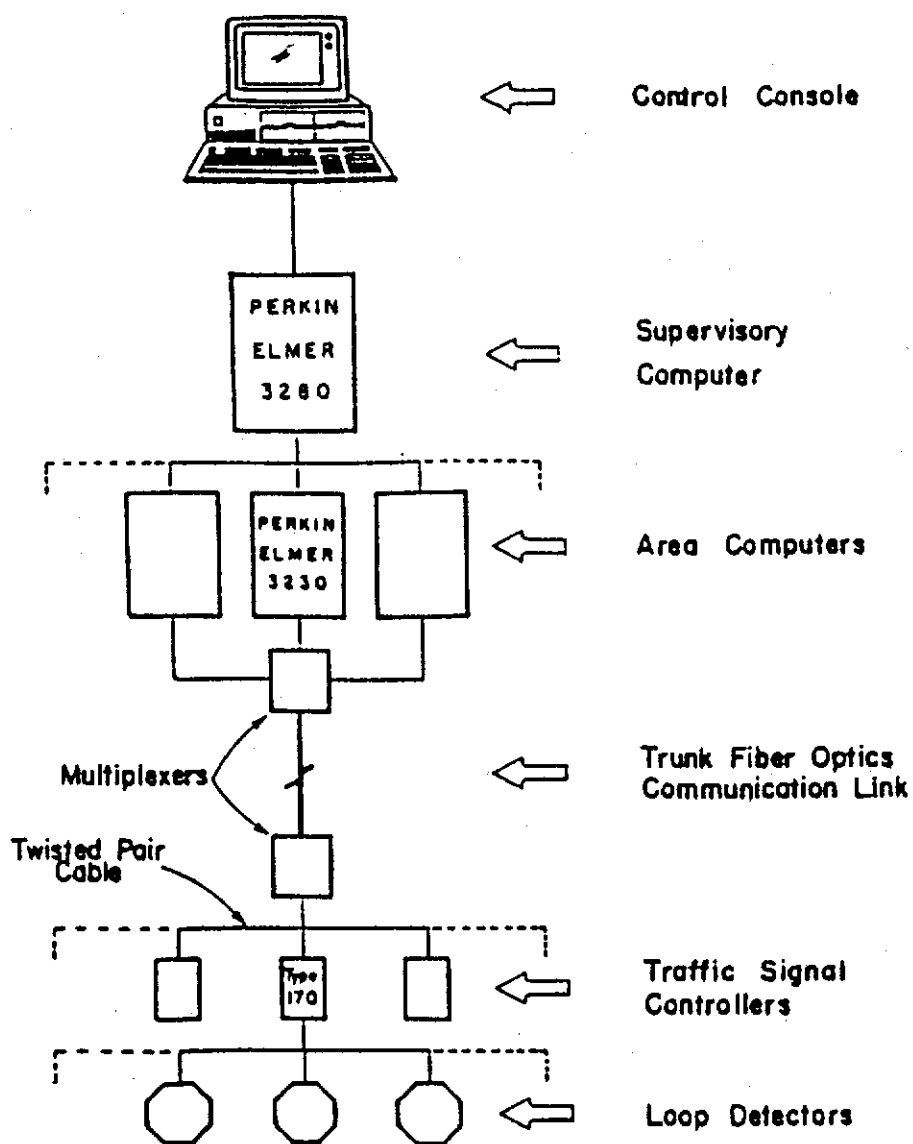


圖 2.5 ATSAC 控制系統架構

表 2.1 UTCS控制策略之比較

Feature	First Generation	Second Generation
Optimization	Offline	Online
Frequency of update	15 min	5-10 min
Number of timing patterns	Up to 40	Unlimited
Traffic prediction	No	Yes
Critical intersection control	Adjusts split	Adjusts split and offset
Hierarchies of control	Pattern selection	Pattern computation
Fixed cycle length	Within each section	Within variable groups of intersection

(1)高速公路(Freeway)：FRESIM、FREFLO。

(2)都市路網(Urban Network)：NETSIM、NETFLO。

(3)二車道郊區道路(Two-Lane Roads)：ROADSIM。

(4)走廊模式(Corridor Model)：CORFLO(含NETFLO,FREFLO,TRAFFIC)。

2.整合性交通資料系統ITDS(Integrated Traffic Data System)

3.GTRAF繪圖顯示系統

4.未來將朝向專家系統(Expert Systems)發展



## 2.2 TRAF整合模擬套裝軟體

### 2.2.1 簡介

1. TRAF為FHWA從七十年代一直發展至今。
2. 其中包含許多小模式，須分別執行，各模式學習方式十分不易。
3. 為改善其執行缺點，乃將各模式整合為單一程式，故軟體變得相當龐大。
4. 目前已完成且已發行者為新版TRAF-NETSIM。

### 2.2.2 TRAF設計哲學

#### 1. 輸入／輸出格式標準化

由於TRAF包含許多獨立的小模式，而各個模式原有其自己的輸入／輸出格式，不易學習，故乃將各模式的輸入／出格式標準化，如此僅須學習一種輸入／輸出方式，則可執行所有各個模式。

#### 2. 具整合不同系統之功能

如將高速公路與市區街道整合成同一系統，或以巨觀掃描或微觀掃描方式，亦可執行一次時即可得出結果，另外還亦可依使用者所需來選擇不同路網加以詳細或粗略之描述說明。

3. 自動整合模式間或路網間之交互作用如某一網路之一部份使用高速公路模式，另一部分使用NETSIM模式，又另一市區街道使用NETFLO模式，程式可將三種不同路網間之介面加以自動整合，其作法即用VHA(Vehicle Holding Area)將同一路網出來的車子存在VHA，再交給另一個路網去使用。

#### 4. 具有交通量指派功能

可作增量的指派 (Incremental Assignment)、使用者最佳化 (User Optimum) 指派、系統最佳化 (System Optimum) 指派，指派完後，可得各路段之轉向交通量，直接再做模擬。

#### 5. 電腦資源之合理使用

目前於個人電腦上可處理 75 個路口 (Node)、150 個路段 (Link)。

### 2.2.3 TRAF 家族

	都市平面街道 NET-	高速公路 FRE-	郊區二車道公路 ROAD-
巨觀 -FLO	NETFLO	FREFLO	尚未發展此種 模式
微觀 -SIM	NETSIM	FRESIM	ROADSIM

1. 巨觀模式以事件掃描，微觀模式以時間掃描為主。
2. NETFLO 有三種層次 (Level)，層次 III 可能要放棄。
3. FRESIM 以前稱為 INTRAS (Integral Traffic System) 此模式為 KLD 公司發展，非常複雜，尚未完成。
4. ROADSIM 較少用，其整合至 TRAF 家族之優先性最低。

#### 2.2.4 TRAF架構圖

如圖2.6所示。

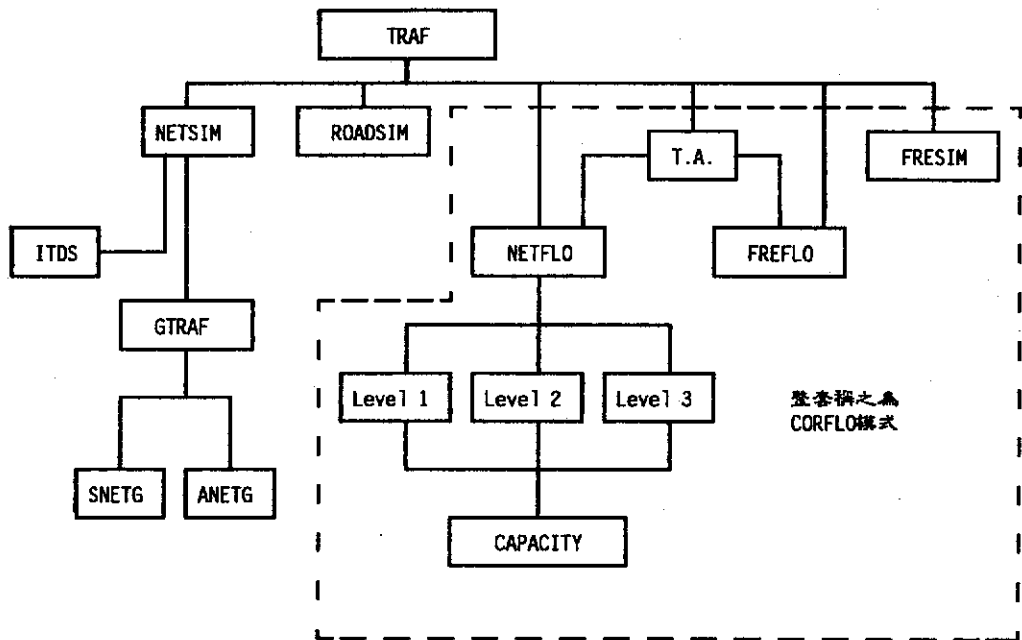


圖 2.6 TRAF架構圖

1. T.A.即Traffic Assignment
2. ITDS即Integral Traffic Data System為一交通資料庫由橡樹嶺 (Oak Ridge)國家實驗室替FHWA做的。路網中所有想得到的交通資訊均可存在此資料庫中，可用於NETSIM、PASSER與 TRANSYT三種模式之輸入資料，不過其並非十分User friendly。

### 2.2.5 TRAF 路網範例

如圖2.7所示。

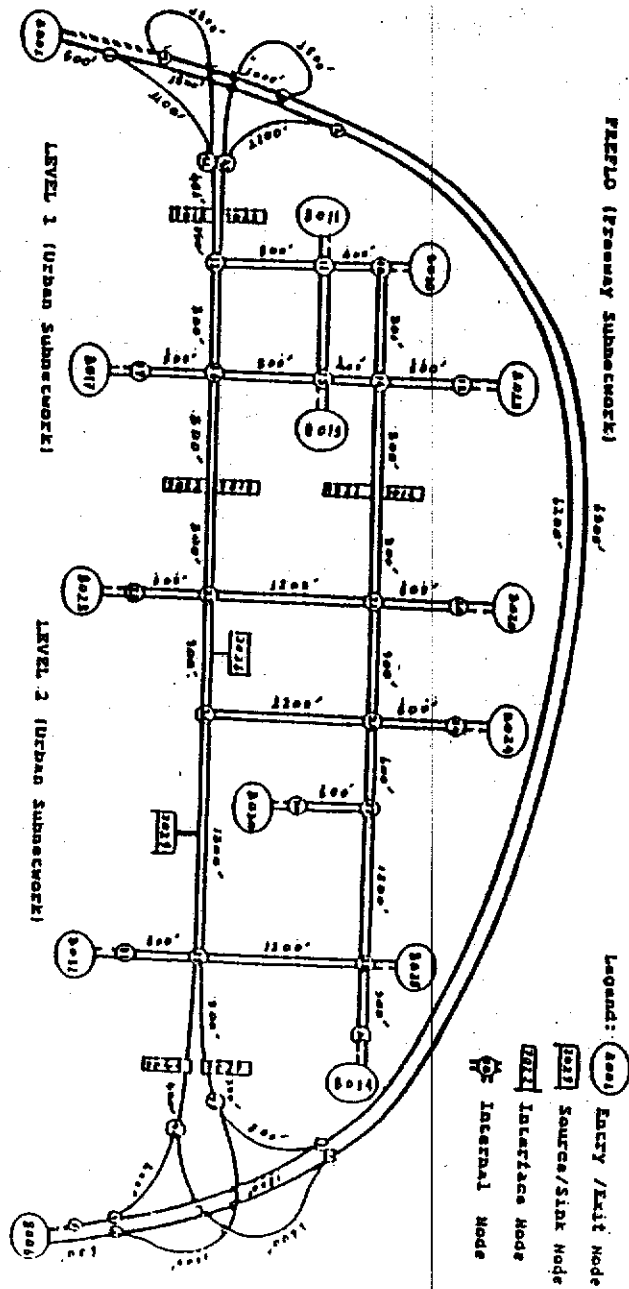


圖 2.7 TRAF 路網範例圖

3. GTRSF即 Graph. TRAF沒有 Main Frame的程式

SNETG→靜態 (Static)

ANETG→卡通動畫 (Animation)

4. NETSIM有 2種 Version—爲 Micro PC版，一爲 Main Frame版。

#### 2.2.6 TRAF-NETSIM之應用

1. 號誌化功能 (Signalization)

2. 槽化設計 (Channelization)

3. 幾何配置 (Geometrics)，如：二線道改爲三線道之結果

4. 公車與大卡車交通量 (Bus and Truck Traffic)之特殊運作處理。

5. 單行道與雙行道之運作處理 (One-way Versus Two-way Operations)

6. 偵測器設置 (Detectorization)

7. 特殊時制之設計 (Traffic Management for Special Events)

8. 停車管理 (Parking)

9. 行人處理 (Pedestrians)

#### 2.2.7 TRAF-NETSIM 新加的功能

1. 具有感應號誌 Q5邏輯

Q5爲 Type170內的控制邏輯，目前可能改爲 Q7或 Q9，Q5除原來 Type 170之功能外，亦可執行 NEMA控制器之號誌功能。

2. 相同車流基準 (Identical Traffic Stream)

過去的NETSIM均由同一種「亂數產生種子」(Random No. Seed)來產生車子的屬性，其缺點為做不同方案之比較時，不能保證所產生的車流均屬相同，故針對此點， TRAF-NETSIM 乃令每部車各有其 R.N.S來決定其車種、轉向，故在比較不同方案時，具有其共同車流基準。

### 3.時制轉換演算法(Signal Transiton Algorithm)

有二種方法，一為直接將幹道綠燈繼續維持，直到時間走到時差正確時才予以變換。另一則為一次時制轉換，須利用2至3個週期來調整之。

### 4.改善傳統不合理之轉向車流(Conditional Turning Movement)主要用於防止不合理之車流運行，因車子轉向乃亂數產生，很可能於該路口為左轉，至下游繼續左轉，形成繞圈子，事實上絕不可能發生，故加以條件限制。

### 5.繪圖顯示(Graphics Files Generation)

利用圖形顯示，可看出車流之運行結果。

### 6.改善左轉待轉區之溢流情形(Overflowing Turn Pockets)

若左轉車數已超過待轉區，即待轉區太小了，則後面來的車子不會變換車道，此種現象目前已予修改了。

### 7.具保護/無保護公車站之功能(Protected/Unprotected Bus Station)

### 8.改善變換車道之準則(Lane-Change Decision)

針對過去不合理之變換車道準則加以修改之。

### 2.2.8 GTRAF Features

1. 可用圖形來檢查輸入資料。
2. 可用圖形來顯示MOE'S，包括：
  - (1) 擁擠程度排行榜 (Bar Charts)
  - (2) 將Link-Node 用顏色表示其擁擠程度 (Link-Node Diagram)
3. 動態車輛的移動。

### 2.2.9 TRAF-NETSIM所加強之內容

1. 路段間車道 (Inter-link Lane) 之指派方式 如圖 2.8 所示。

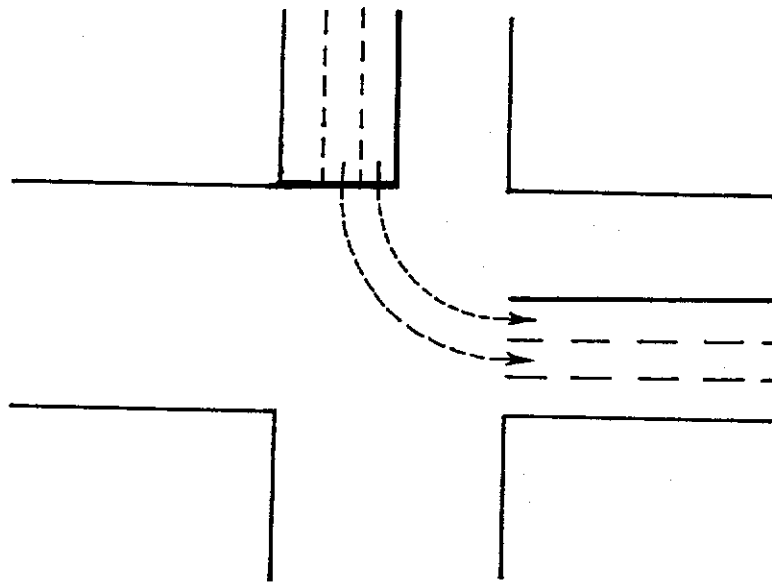


圖 2.8 TRAF-NETSIM左轉車道示意圖

上圖中北方有二個左轉車道，當車子左轉後會只搶一個車道，亦即二個左轉車道的車輛，其喜好之車道完全相同，此種不合理現象目前正著手進行修正。

## 2. 加強行人干擾的邏輯

包含嚴重及輕微干擾的方式仍不太合理。

## 3. 更改壓縮／反壓縮之操作方式 (Packing/Unpacking Operation)

去除原本檔案的壓縮功能，改用 FORTRAN 中之 mod 方式來運作。

## 4. 改善許多不清楚或多餘的邏輯表示方式 (Redundent Logic Expressions) 如：if (a or (not a and b) => if (a or b)。

## 5. 變數分配 (Split Variable)

## 6. 改善車輛轉向後，均搶同一車道之不合理現象。

## 7. 改善路段中車輛產生之邏輯

若路段原已非常擁擠，無法再容納由停車場所出來的車子，但程式卻仍給其空間進入，而將後面的車子往後退，如此並不符合真實情況。

## 8. 增加 Q5 邏輯之最佳化功能 (Q5 Logic Optimization)

## 9. 將偵測器邏輯獨立出來 (Separation of Detector Logic)

不需附屬任何控制之下，各個偵測器之間可互相連結。

## 10. 增加時段的個數 (Number of Intervals for Pretimed Signals)

目前僅用到 12 個。



## 2.2.10 FHWA目前發展中之軟體

1. TRAF-NETSIM仍將繼續修改，目前尚無法有效地處理路口之車流模擬。
2. Traffic Software Integrated System(TSIS)將NETSIM,PASSER與TRANSYT等軟體整合為一。
3. CORFLO目前正在修改中。
4. GCORFLO尚待發展。
5. FRESIM尚待發展。
6. 可利用專家系統來從事各種時制之設計與分析(Expert System for Signal Analysis)。
7. 整合UTPS與TRAF軟體。

## 第三章 全動態交通號誌控制理論

### 3.1 交通號誌系統之發展現況

#### 3.1.1 交通號誌控制系統之類型

一般而言，號誌控制系統可分為以下數類：

- 1.獨立路口控制(Isolated Intersection Control)系統
- 2.連鎖號誌控制(Coordination of Signals)系統
- 3.整合性系統(Integrated System)

高速公路之號誌控制，通常只用在"匝道控制"(Ramp Control)，其應用時機係在高速公路之車輛太多時，用以控制從都市道路進入高速公路的車輛數目。高速公路交通控制取決於兩項因素：

- (1)高速公路之幾何設計
- (2)高速公路之交通流量

因此，所謂「整合性系統」(Integrated System)，乃是將都市道路網與高速公路相互整合起來，而不把都市道路當成個別的系統來加以控制。

#### 3.1.2 獨立路口之號誌控制

對於獨立路口的號誌控制一般有以下幾種方式：

- 1.定時控制(Pretimed Control)

定時控制有三項時間變數必須決定：

- (1)週期長度(Cycle Length)

(2)時相長度 (Phase Duration, G+Y+all red)

(3)時相順序 (Phase Sequence)

## 2. 交通感應控制 (Traffic Actuated Control)

主要有三類：

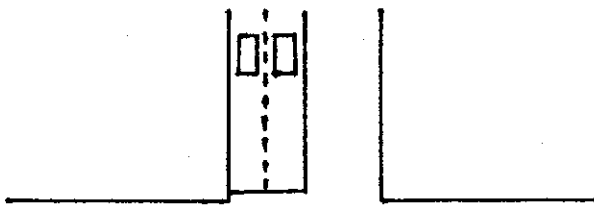
(1)半感應控制 (Semi-actuated Control)

(2)全感應控制 (Full-actuated Control)

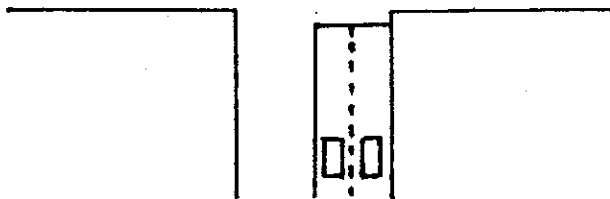
(3)流量—密度控制 (Volume-density Control)

此外尚有一種行人觸動控制 (Pedestrian-actuated Control)，一般多將之歸屬附於車輛控制 (Vehicle Control) 中。

### (1) 半感應控制



主要道路 (高流量)



次要道路 (低流量  $\leq 200$  vph)

所設置之偵測器可分為：

A. 通過式偵測器 (Motion Detector)：又稱為小區域偵測器 (

Small Area Detector)，通過之車輛必須達到一定的速度，否則不易被偵測到。

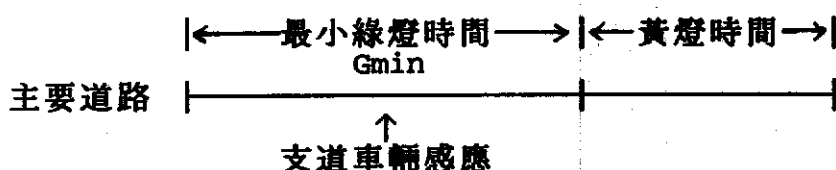
B.存在式偵測器(Presence Detector)：又稱為大區域偵測器(Large Area Detector)。

半感應之控制原則：

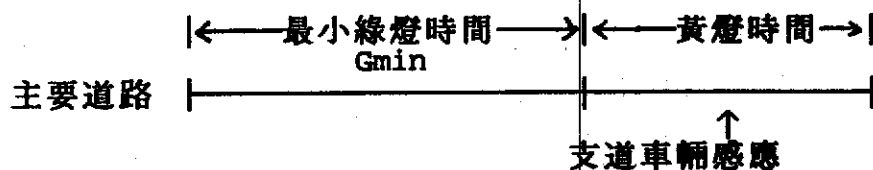
A.如果次要道路沒有車輛通過，則綠燈永遠給予主要道路，

B.當次要道路有車輛通過時，

(a)若在最小綠燈(Gmin)之中：則在最小綠燈結束後即轉為黃燈，如下圖所示。



(b)若在最小綠燈(Gmin)之後：則將綠燈停止，轉為黃燈時間，如下圖所示。



## (2)全感應控制

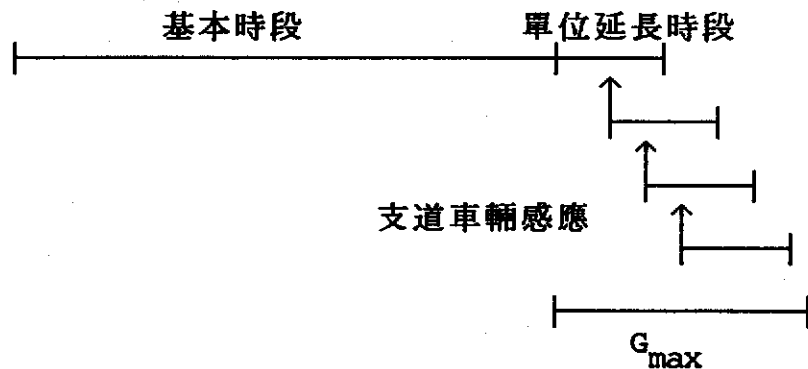
全感應控制有兩個時制設定變數(Timing Setting Variables)

A.基本時段(Initial Portion Actuation)

B.單位延長時段(Vehicle Interval)

其控制原則為：

- A. 當執行完基本時段後，會給予一個單位延長時段，通常是2秒或3秒，在單位延長時段期間若是又有車輛通過則綠燈繼續延長，但延長時間不得超過預先設定之最長綠燈時間。
- B. 全感應須在四個方向都設置偵測器如下圖所示。

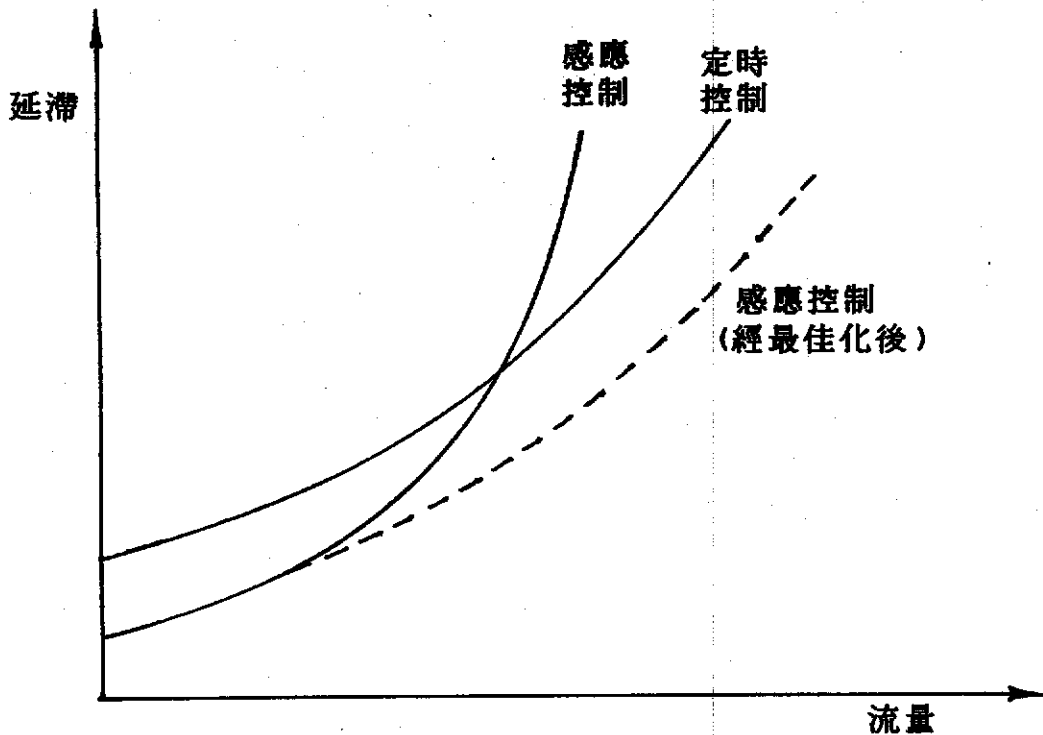


(3) 流量－密度控制 (Volume-Density Control)：

此種控制和全感應控制之不同點為：

- A. 基本時段：視紅燈時間通過偵測器的車輛數而給予不同的綠燈時間，亦即以偵測器所測得之紅燈時停等車數，按每部車所須之通過秒數相加總後得到基本時段。
- B. 單位延長時段：亦可變更其長度
- C. 較合乎效益，全感應在低流量時會浪費若干綠燈時間，而流量－密度控制則否。

下圖顯示於相同之流量水準下，定時與感應不同控制策略間之運作效率比較。



\*理論上感應控制會比定時控制為佳，但是由於時制設計之不當，所以在高流量時延滯反而比定時控制更為嚴重。

### 3.1.3 連鎖號誌控制兩類：

實施連鎖號誌控制亦有兩類：

1. 定時控制 (Pretimed Control)
2. 交通感應控制 (Traffic-Actuated Control)

目前在美國係採用UTCS-1(1st Generation Urban Traffic Control System)，主要有以下兩種型式：

1. 利用歷史資料實施時制查表法 (Pattern Matching)

2. 交通反應式 (Traffic Responsive)

### 3.1.4 定時控制之Webster車輛延滯公式：

$$d = \frac{c(1-x)^2}{2(1-xy)} + \frac{y^2}{2q(1-y)} - 0.65 \left( \frac{c}{q^2} \right) y^{2+5x}$$

其中d=平均每部車之延滯(秒/輛)

c=週期長度(秒)

q=每一車道之交通量(輛/秒)

x=流量q時之有效綠燈與週期比值

y=飽和度

所以有效綠燈相對於週期長度之比率為

$$X = G_e / C = (G + A - L) / C$$

$G_e$  = 有效綠燈(秒)

C = 週期(秒)

A = 黃燈(秒)

L = 損失時間(秒)

飽和度y之定義為：

$$y = QC / (SG_e)$$

S = 每小時有效綠燈之飽和流率 (Vphg)

由上可得出—最佳週期長度(不考慮行人)

$$C_0 = \frac{1.5L_c + 5}{1 - \sum_i x_i}$$

$x_i$  = 於時相  $i$  之臨界流量與飽和流量比值

由此公式可知，應儘量避免增加時相數，因為時相數愈多→週期愈長→延滯愈增加。

一般在美國週期長度約在 30 至 180 秒之間，低於 30 秒者以 30 秒計算，同樣的高於 180 秒亦以 180 秒計算之。

總之，定時控制有如下之問題：

- (1) 週期固定不能及時反映交通流量。
- (2) 無法避免左轉車輛之衝突，以及如何設計左轉和直行的時序問題。

### 3.1.5 交通感應控制(Traffic-Actuated Control)

#### 1. 如何選擇感應式控制方式？

##### (1) 半感應控制

係應用於幹道與支道交會之獨立路口，偵測器僅設置於支道路段上。

##### (2) 全感應控制

係應用於兩條幹道交會之獨立路口，各方向路段上均須設置偵測器。

##### (3) 流量－密度控制

係應用於各方向流量變化劇烈之獨立路口，各路段上亦均須設置偵測器。

#### 2. 如何選擇控制器？



- (1)機電式 (Electro-Mechanical)：早期型式，現已逐漸淘汰。
- (2)固態電子式 (Solid State)：過渡階段產品，近年亦較少用。
- (3)微處理機 (Micro-processor)

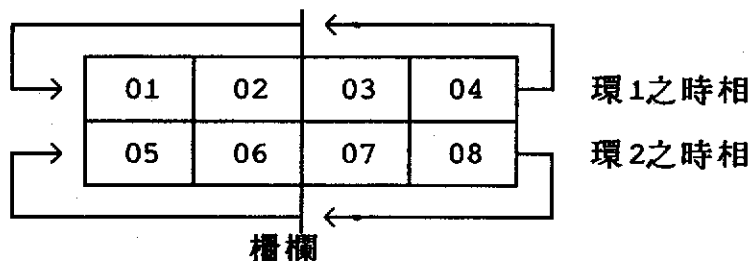
NEMA控制器 —————  
 Type 170 (New York Caltran)控制器 ———— } 現代產品，各具千秋。

### 3.如何選擇單環與雙環 (Single Ring and Dual Ring)

#### (1)單環控制器 (又稱順序性時相，Sequential Phasing)

即事先訂好時相後依序執行，但若無需求時可實施時相跳躍 (Skip Phases)

#### (2)雙環控制器



(BARRIER)

共八時相單位

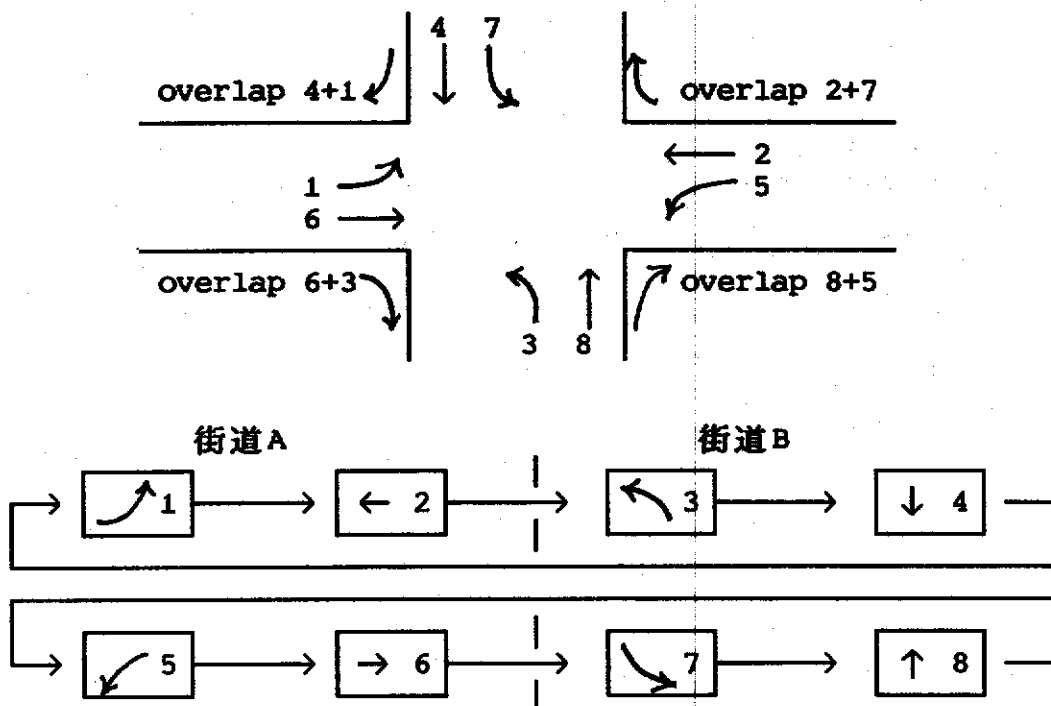
雙環控制 (NEMA)

環1&環2組合

上述雙環相當於單環之組合

例如：

### Quad-Left-Turn 時相



### Barrier Compatibility Line

#### 4. 偵測器架構 (Detector Configuration)

小區域：通過式，脈波，memory-on ——— 可供選擇

大區域：存在式，memory-off ———

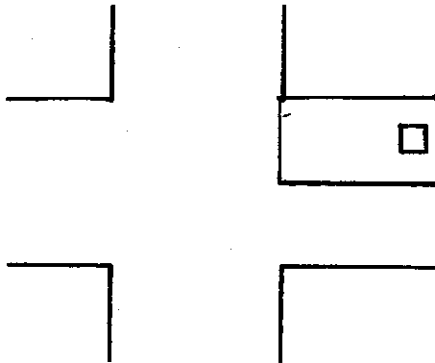
##### (a) 通過式 (Motion)

偵測器上溯 (Setback) → 考慮停止線至偵測器的距離。

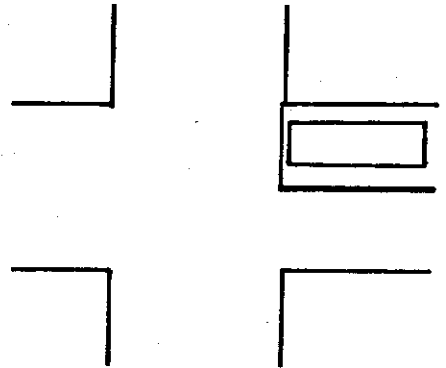
##### (b) 存在式 (Presence):

感應線圈尺度 → 考慮線圈長度與寬度。

(a)

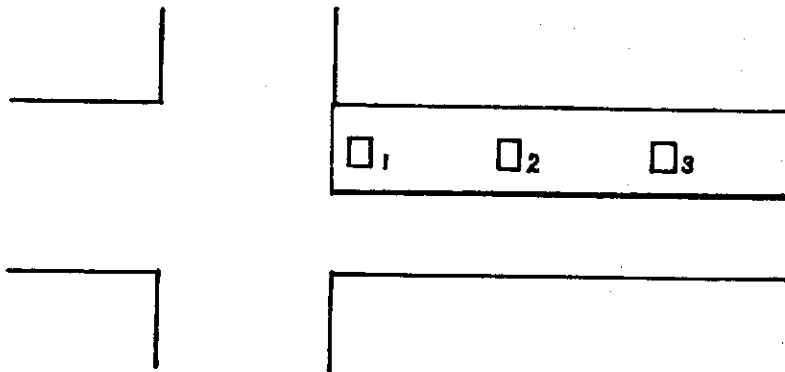


(b)



偵測器類別：

- (1)標準型偵測器：包括延展性偵測器 (Extension Detector)與非延展性偵測器 (Nonextension Detector)
- (2)延展－呼叫式 (Call-extension)
- (3)延滯－呼叫式 (Call-delay)



延展性偵測器：其中1,2號偵測器只在綠燈時段有用,紅燈時段沒有用，而3號的偵測器則在任何時段皆有用。倘在紅燈右轉的情況下，必須應用長線圈的延滯－呼叫式偵測器才有效果。

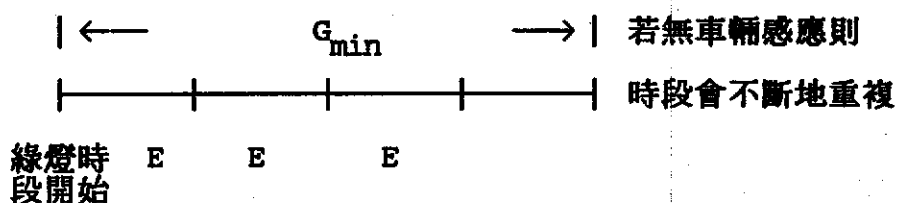
## 5. 時相和時制設計 (Phasing And Timing Design)

$G_{min}$  : 最短綠燈

E : 單位車輛延長時段

$G_{max}$  : 最長綠燈

另有 WALK : 前進 ; DON'T WALK : 禁止前進與 Change Interval : 清道時段等時相參數。



$G_{max}$  : 下一時相經感應後轉為綠燈之時間。

所以  $G \geq G_{max}$  (等號成立於綠燈開始時受到第一次感應)

### 3.1.6 應用定時和全感應所遭遇的問題

#### 1. 缺乏達成最佳化所必需的完整資訊

(1) 時制設定 (Timing Settings) 方面

(2) 偵測器架構 (Detector Configuration) 方面

(3) 成本效益之交互損益分析 (Benefit/Cost Trade-off) 方面

#### 2. 欠缺具有實務經驗之交通人才

#### 3. 如電腦模擬工具等資源之限制妨礙了時制軟體之使用

#### 4. 欠缺可資信賴之績效評估方法

### 3.1.7 黃燈和全紅時間之決定一個錯誤的例子

ITE'S所建議之黃燈與全紅公式：

$$Y = t + \frac{V}{2(a \pm 0.322G)}$$

$$AR = \frac{X}{V}$$

Y = 黃燈時段

AR = 全紅時段

t = 駕駛人反應時間 (ITE建議用1秒)

V = 車輛臨近路口之速度

X = 坡度百分比

a = 車輛減速率

上述ITE'S公式之問題：即車速V增加，會導致黃燈時間Y加長，十分不合理，但黃燈時間仍宜有統一規定，俾利於駕駛人導循。另外，全紅時間不宜太長，1至2秒已足夠使用。

### 3.1.8 號誌連鎖

UTCS控制策略於號誌連鎖時之缺失 (Weaknesses of UTCS Contr Strategies)

1. 進行最佳化時制設計時，依賴太多的預測流量資訊。
2. 時制轉換時，大幅降低時制之控制績效。
3. 第一代與第一.五代UTCS之時制計畫更新十分不易，其原因為：
  - (1) 若是藉由人力調整，則得耗費大量成本與時間。

(2)若是透過系統偵測器所提供的資訊來更新時制，則因仰賴預測流量，而使時制之績效具有高度不確定性。

基於以上所述，乃有全動態號誌控制策略應運而生，期能改進定時與感應控制方式之各種缺失。

### 3.2 全動態號誌控制策略概述

#### 3.2.1 全動態控制(Adaptive Control)與UTCS之區別

- 1.UTCS需要做5~10分鐘之流量預測，其誤差相當大。
- 2.UTCS之時制資料庫需經常更新，人力、物力均非常浪費，而且實施起來，績效並非很好。
- 3.全動態控制也要做預測，但與UTCS不同，全動態控制的預測是根據實測到的資料來做預測，之後將其送入最佳化方法中，以判斷目前的時制計劃是否需要調整。
- 4.交通感應式控制在高流量場合，其效果常比定時控制還差，因此，在號誌策略上，目前逐漸走向全動態控制方式。

#### 3.2.2 替選全動態號誌控制策略

- 1.交通最佳化邏輯(Traffic Optimization Logic,TOL)
- 2.米勒演算法(Miller's Algorithm)
- 3.時比、周期與時差最佳化技術(Split、Cycle and Offset Optimization Technique, SCOOT)

- 4.雪梨連鎖適應性交通系統 (Sydney Co-ordinated Adaptive Traffic System, SCAT)
- 5.號誌時制逐步調整法 (Stepwise Adjustment of Signal Timing, SAST)
- 6.適應控制之最佳化策略 (Optimization Policies for Adaptive Control, OPAC)

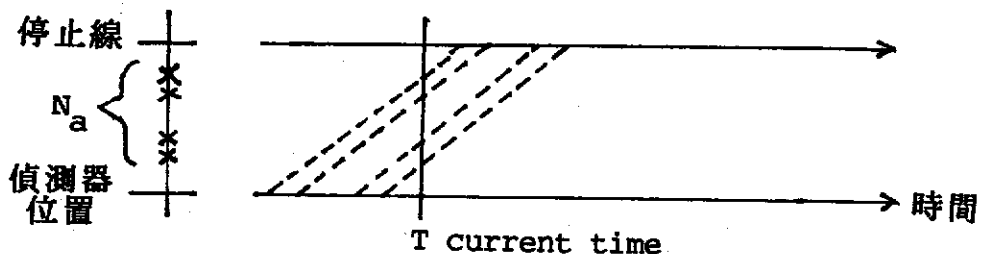
### 3.2.3 交通最佳化邏輯 (Traffic Optimization Logic, TOL)

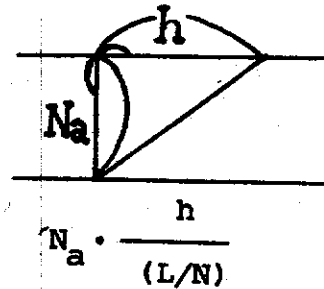
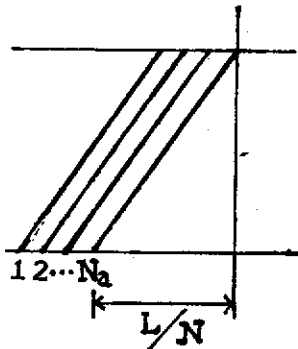
- 1.由Bang在 Swedish Transport Research Commission所發展出來。
- 2.利用長迴圈偵測器或點偵測器蒐集資訊，來決定：
  - (1)延長 $h$ 秒綠燈時間；或
  - (2)結束現在綠燈。
- 3.決策標準與目標函數

視淨利益結果，決定 $A$ 時相是否要延長 $h$ 秒綠燈長度。

#### 時相 A

在 $h$ 秒中，能抵達停止線之車輛及其所節省之延滯時間





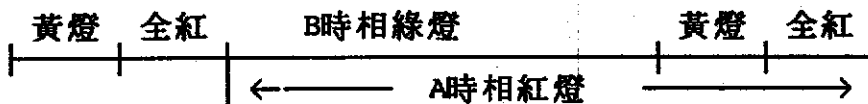
$$\sigma_a = N_a \cdot h \cdot V/L;$$

$N_a$  = 在某一車道中，停止線至偵測器間行駛中的車輛數

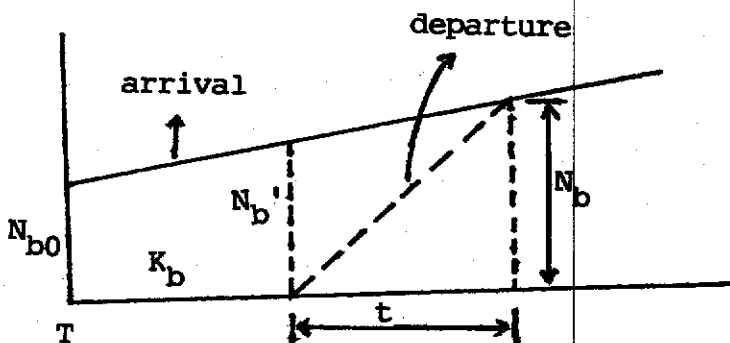
$\sigma_a$  : 如延長  $h$  秒綠燈時間，可進入路口的車輛數

$$\text{所節省的延滯} = \sigma_a \cdot r_a \cdot a$$

$r_a$  = A 時相中之紅燈時段 (當綠燈終止時)



時相 B



$N_{b0}$  = 目前等候中之車數

$K_b$  = 黃燈 + 全紅



$$(a) N_b' = N_{b0} + K_b \cdot Q_b$$

$$N_b' + Q_b \cdot t = S_b \cdot t$$

$$t = N_b' / (S_b - Q_b)$$

$$N_b = S_b t = [N_b' / (S_b - Q_b)] \cdot S_b$$

$$= N_b' / (1 - Q_b / S_b)$$

$$= N_{b0} + K_b Q_b / (1 - Q_b / S_b)$$

$$\text{若取 } 1 - Q_b / S_b = 1.0$$

$$\text{則 } N_b \text{ 車輛之額外延滯 } N_b = h N_b'$$

(b) 增加的停等車數

$$\Delta N_b = h Q_b$$

$$\text{淨利益} = \sigma_a \cdot r_a \cdot a - a \cdot h \cdot N_b - m \cdot h \cdot Q_b$$

若淨利益  $> 0$ ，則綠燈應予以延長

若淨利益  $< 0$ ，則綠燈不予以延長

#### (4) 參數 $h$ 的選擇

$h$  值越小越好，但須視電腦容量及速度而定，在低流量時， $h$  如果太大，則全動態控制的效果可能較感應控制的效果為差。

### 3.2.4 米勒演算法 (Miller's Algorithm)

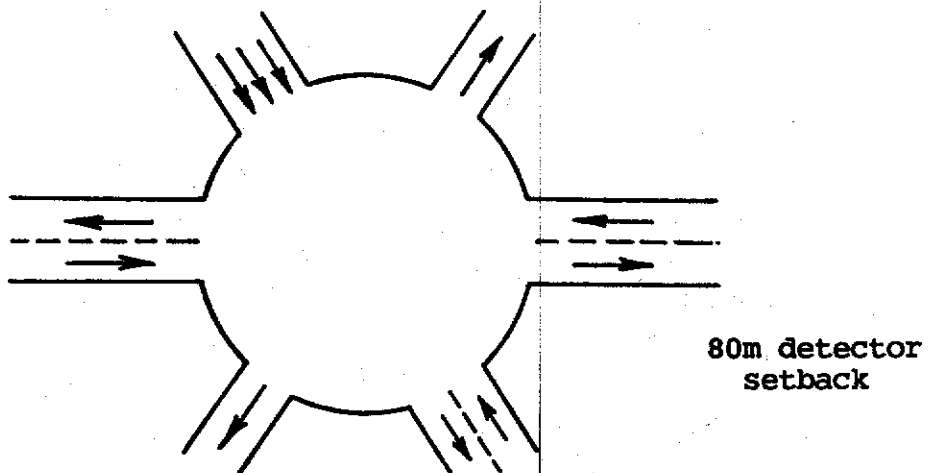
上述「交通最佳化邏輯」(TOL)，只考慮兩種選擇方案，即延長目前綠燈  $h$  秒，或是結束目前的綠燈等兩者，而米勒演算法則使用較多的替選方案。

1. 米勒演算法的替選方案：

- (1) 結束現行綠燈
- (2) 延長  $h$  秒的綠燈時間
- (3) 延長  $2h$  秒的綠燈時間
- (4) 延長  $3h$  秒的綠燈時間
- (5) 延長  $4h$  秒的綠燈時間
- (6) 延長  $5h$  秒的綠燈時間

2. 實証：

如下圖所示。



模式中流量型態之假設：

- (a) 已知： $N$  = 在時間  $t$  與  $t+h$  之間所偵測到之車輛數目，亦即在  $t$  與  $t+T$  之間  $h$  秒鐘中預期通過停止線之車輛數為  $N$ 。
- (b) 未來平均流量  $Q_g$ ， $Q_r$  係由上個周期之值來加以估計。
- (c) 紅燈時相之長度等於上個紅燈時相之長度。

### 3. 決策準則與目標函數

$$T = [\Delta - Q_g(1 - \Delta/S_g)/(1 - Q_g/S_g)](A + R + L) - h(N + \sum_{i=1}^k Q_r)$$

式中：  $h = 2\text{sec}$

$Q_g, Q_r$  = 未來綠燈與紅燈時段之各別平均流量 (車/2秒)

$S_g, S_r$  = 綠燈與紅燈時段之各別飽和流量 (車/2秒)

$A$  = 黃燈時段長度

$R$  = 下一紅燈時段長度

$L$  = 綠燈始亮之損失時間

$N$  = 在紅燈時段中停等之車輛數

$K$  為能使下式成立之最小整數

$$\sum_{i=1}^k Q_r - \sum_{i=2+1/h}^k S_r < 0$$

式中  $i$  代表紅燈時之某一車道

而  $\Delta$  係經由下式所決定：

$$\Delta = \text{Max.} \left( \Delta_1, \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2}, \dots, \frac{\Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_5}{5} \right)$$

式中  $\Delta_1, \dots, \Delta_5$  分別代表以下五個 (2秒鐘) 時段預期通過停止線之車輛數。

當  $T > 0$  時；則綠燈延長  $h$  秒種。

當  $T < 0$  時；則結束現有綠燈。

#### 4. 結論

事實上，在做適應性控制時，並不需要考慮如此多的替選方案，在網路中，愈簡單的最佳化程序愈好。

### 3.2.5 雪梨連鎖全動態交通系統(SCAT)

#### 1. 架構

- (1) 將道路網分成幾個子控制區(Sub-area)，每個子控制區均有一共同周期。
- (2) 每個子控制區之周期長度可以變動，最大可變動範圍為六秒，視飽和度(Degree of Saturation)而定，而飽和度則是根據等候車隊長度而來的。
- (3) 使用存在式偵測器(Presence Detector)。
- (4) SCAT有四種時比類型(Pattern)。
- (5) 每個子控制區有五組事先設定好的時差計畫(OffsetPlan)，而且在子控制區之間也有五組時差計畫。

#### 2. 運作方式

- (1) 計算子控制區之周期長度。
- (2) 決定分相時比。
- (3) 決定時差  
決定時差的方法有二：
  - (a) 根據先前的分相時比求時差。
  - (b) 使用飽和度求時差。

## 2. 程序性決策過程

時制計算過程與二元決策一樣。

## 3. 利益 (Benefit) 與成本 (Cost) 之決定

參見圖 3.1，當利益之和大於成本之和，則延長  $h$  秒綠燈時間，否則應結束綠燈。

### 3.2.9 二元決策與程序性決策過程之比較

#### 1. 二元決策過程

簡單、迅速

#### 2. 程序化決策過程

(1) 由於考慮較長時間的號誌時序，必須蒐集較多的先期車輛到達資訊，而事實上所得到的實際量測資訊僅有 8 至 10 秒，其餘均屬預測資料，極易產生誤差。

(2) 需要評估的方案太多。

#### 3. 結論

(1) 當先期資訊均屬完美時，二元與程序性決策過程之效果相差不多。

(2) 當先期資訊不夠完美時，程序性決策過程之效果不佳。

### 3.2.10 偵測器佈設

1. 理論上偵測器設置愈多，控制績效愈好，但是成本卻愈高，且系統故障之機會亦大，故可嘗試找出最佳的偵測器設置數目。

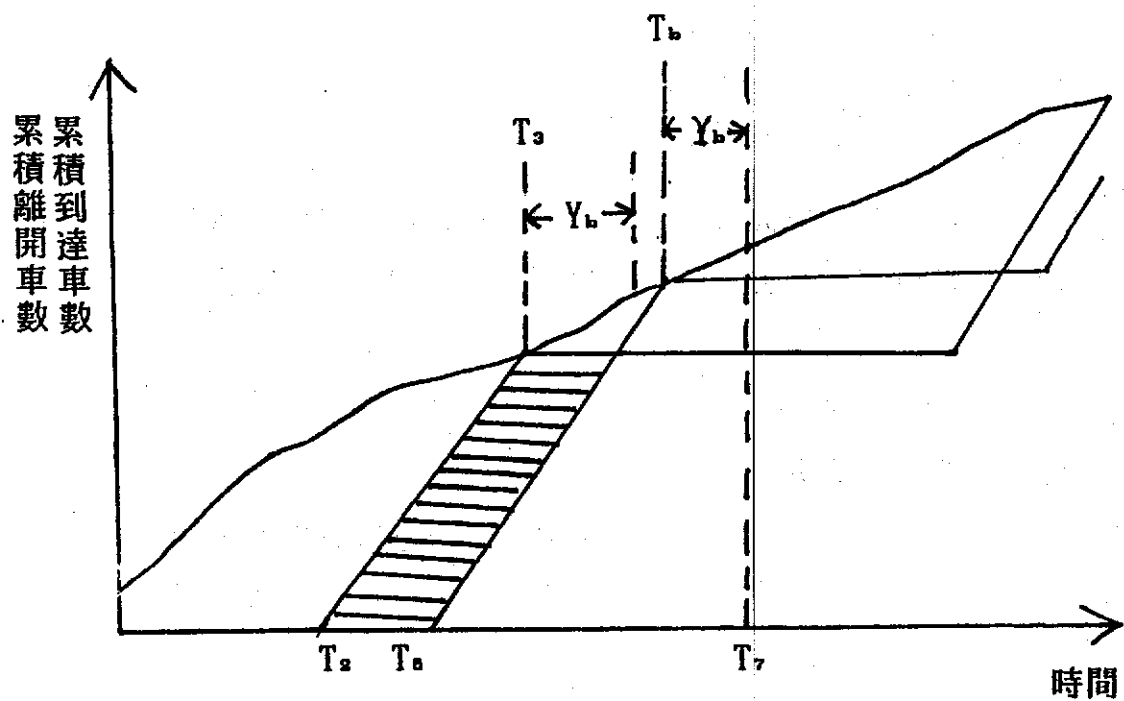
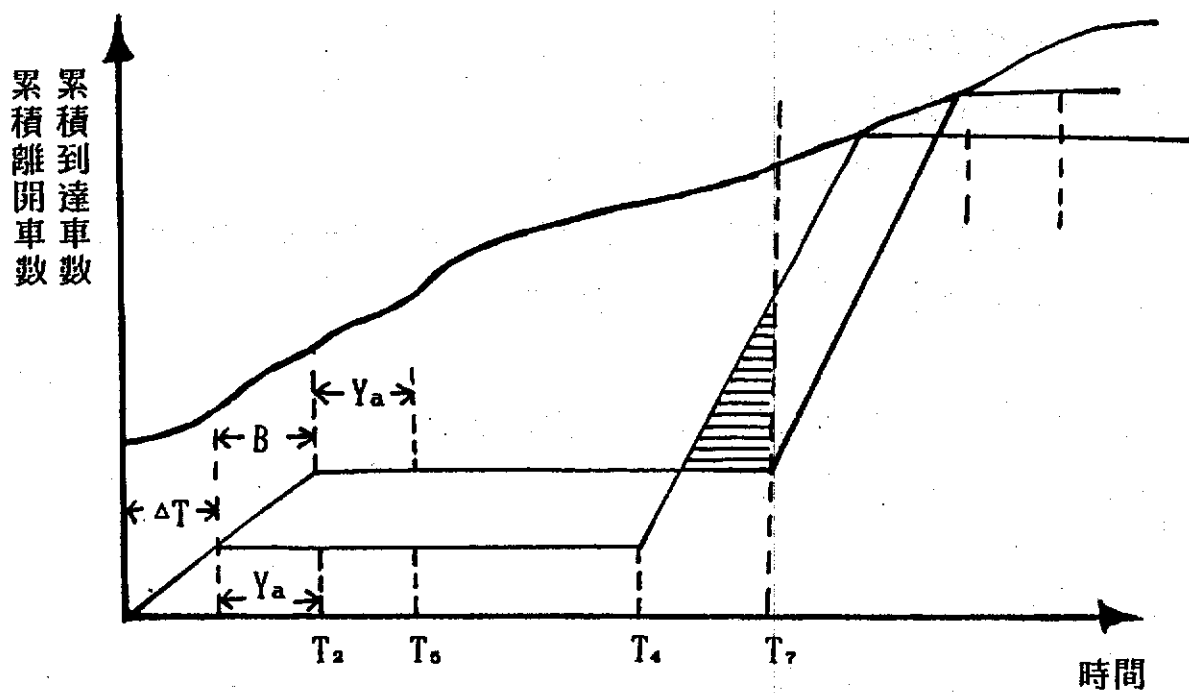


圖 3.1 延滯值利益與成本比較圖

3.總括而言，SCAT方法似並非真正的全動態號誌控制。

### 3.2.6 時比、周期與時差最佳化技術(SCOOT)

1.SCOOT架構較為接近全動態控制。

2.車輛偵測器設於路段之上游，蒐集車輛到達資訊，彙總至停止線處，以進行時制最佳化。

3.SCOOT與SCAT之比較

(1)偵測器設置位置不同，SCOOT設於路段之上游處，SCAT設於停止線處。

(2)在周期時間之變動與更新方面，SCOOT最快只能2.5分鐘變動一次，而SCAT則可每周期變動六秒。

(3)分相時比：

SCAT使用預先決定的分相時比(Predetermined Phase Split)，即應用偵測器資訊，來調整時比。然而SCOOT的分向時比卻不能有太大的變化，而須慢慢地改變，在改變時並無感應控制(Traffic-actuated)的功能，因此，無法根據當時的交通流量來調整時制。

(4)時差

SCAT使用預設的時差計畫，可以根據擁擠水準(Level of Congestion)來修正時差，其目的在使帶寬更大。SCOOT中具有交通模式(Traffic Model)來進行最佳化，其方法與TRANSYT作法相類似，只是決策標準(Decision Criteria)不同。

### 3.2.7 適應控制之最佳化策略(OPAC)

在全動態控制邏輯中，基本上有兩種方法來決定燈號如何轉換，此即二元決策方法和程序性決策方法，而OPAC係屬於後者。

- 1.控制單位為階段(Stage)，階段又分為幾個時段(Interval)，由於OPAC無法分辨黃燈時段與綠燈時段，因此在時制轉換(Transition)時，每個時段的長度需與黃燈時段長度相同。
- 2.若在一個階段中有很多個時段，則會產生多組的時相順序(Phase Sequence)，可以用簡單的電腦演算法來自動找出可能的時序，然後再加以評估。
- 3.由於偵測器所提供之資訊十分有限，因此，在一個階段中，由於頭部的幾個時段是由實際資料所得的結果，較為準確，而尾部則因無真實資料可資利用，完全仰賴預測，故較不準確，因此，在實際應用上，通常只用到頭部的幾個時序。
- 4.OPAC使用簡化(Short Cut)方法，在每個階段中，只能變換時序三次。

### 3.2.8 二元決策與程序性決策過程

(Binary Choice and Sequential Process)

#### 1.二元決策過程

在時間T蒐集交通流量資料，時制計算與決策之單位時間為 $\Delta t$ ，加以實施後，再決定下一個 $\Delta t$ 的時段繼續延長綠燈或是轉為紅燈。



2.偵測器佈設的位置最好能有25秒鐘的先期資訊，假設某車係以50ft/sec之速度行駛，則偵測器需設於停止線前1250呎處，然而如此長度在實際上並不可行。其原因為：

(1)1250呎之長度可能已緊鄰另一上游路口。

(2)在1250呎之長度內，可能另有一些Driveway或旅次產生及旅次吸引之地點在其中。

(3)距離太長使得估計到達下游停止線之時間十分困難。

3.根據研究，偵測器的位置以設置在停止線之前200至300呎為最佳，但不宜超過400呎。

### 3.2.11 資訊需求與使用

#### (Information Requirement & Utilization)

係指使用偵測器測得車輛之到達，然後估計其到達路口所需的時間，如此，伴隨產生兩個問題：

- 需要多長的先期資訊(Advance Information)才夠用？
- 如何利用這些先期資訊？

- 1.就理論上而言，如果已決定了號誌燈的運作程序，且已知車輛的到達時間與順序，則可使用動態規劃(Dynamic Programming)來決定整天的號誌運作程序，但事實上，未來長時間的車輛到達順序不可能預先知道，而在美國通常僅能提供8~15秒的事前資訊。
- 2.假設事先已知道上述所有的資訊，且均正確無誤，即可觀察出多少的事前資訊才能達到良好的控制效果，由於每個路口的四個臨近路

段車輛到達時序有很多組合，必須各別進行分析評估，結果發現事先資訊不需超過20秒即已足夠。

### 3. 結論

- (1) 時制調整期間越短越好。
- (2) 先期資訊不需太長，未來25秒的車輛到達資訊即已足夠。
- (3) 設置偵測器遠離路口以獲取超過25秒的先期資訊，其不正確的可能性相當高。
- (4) 偵測器的位置約距離路口200至300英尺為最佳。
- (5) 偵測器設於停止線處則無先期資訊。

## 3.3 號誌時制逐步調整法(SAST)理論

### 3.3.1 SAST模式簡介

所謂SAST，即是「號誌時制逐步調整法」(Stepwise Adjustment of Signal Timing)的簡稱，係由旅居美國之華人號誌學者林豐博博士所獨創，整個系統的組成，包括有偵測器佈設，控制策略以及最佳化決策邏輯部份，目前正處於模擬測試階段，尚未予以實地運作，惟至現有已發表之模擬結果中可發現其運作績效遠比固定時制及感應控制方式均更為優異。

### 3.3.2 SAST之基本要件

SAST從事控制決策需要幾項基本功能要件，包括：

- 1. 若干組用來蒐集交通相關資訊的偵測器。
- 2. 一個交通模式能利用偵測器的資料，並根據實際的號誌時制決策，來估計路口的車流狀況。

3.一套最佳化決策邏輯，可先評估時相變換順序，然後再決定最佳之時制決策。

4.一套號誌時制變化之實施政策。

爲了達成號誌運作的即時最佳化，上述各項組成要件必須透過資訊傳遞使其能依邏輯順序來交互運作，SAST邏輯之發展首重先期資訊之取得，理論上，倘若先期資訊可無偏誤地獲得及利用，則此類資訊的數量愈大，其號誌時制之控制效率也愈佳，但先期資訊若不斷增加，則又會降低資訊的回收率。

### 3.3.3 SAST之時制決策過程

SAST係一種全動態控制方法，其在獨立路口的運作，乃是由上游路口之車輛偵測器取得先期資料，然後透過四個決策準則的判斷，來決定下個T(大約是2秒)時段結束時，是否要繼續延長現行綠燈時段或是中斷綠燈時段，所以是一種二元決策(Binary Choice)的過程。而四個決策水準中的前三個是屬於基本準則分析，最後一個決策是最佳化評估過程。其整個決策過程如圖3.2所示。

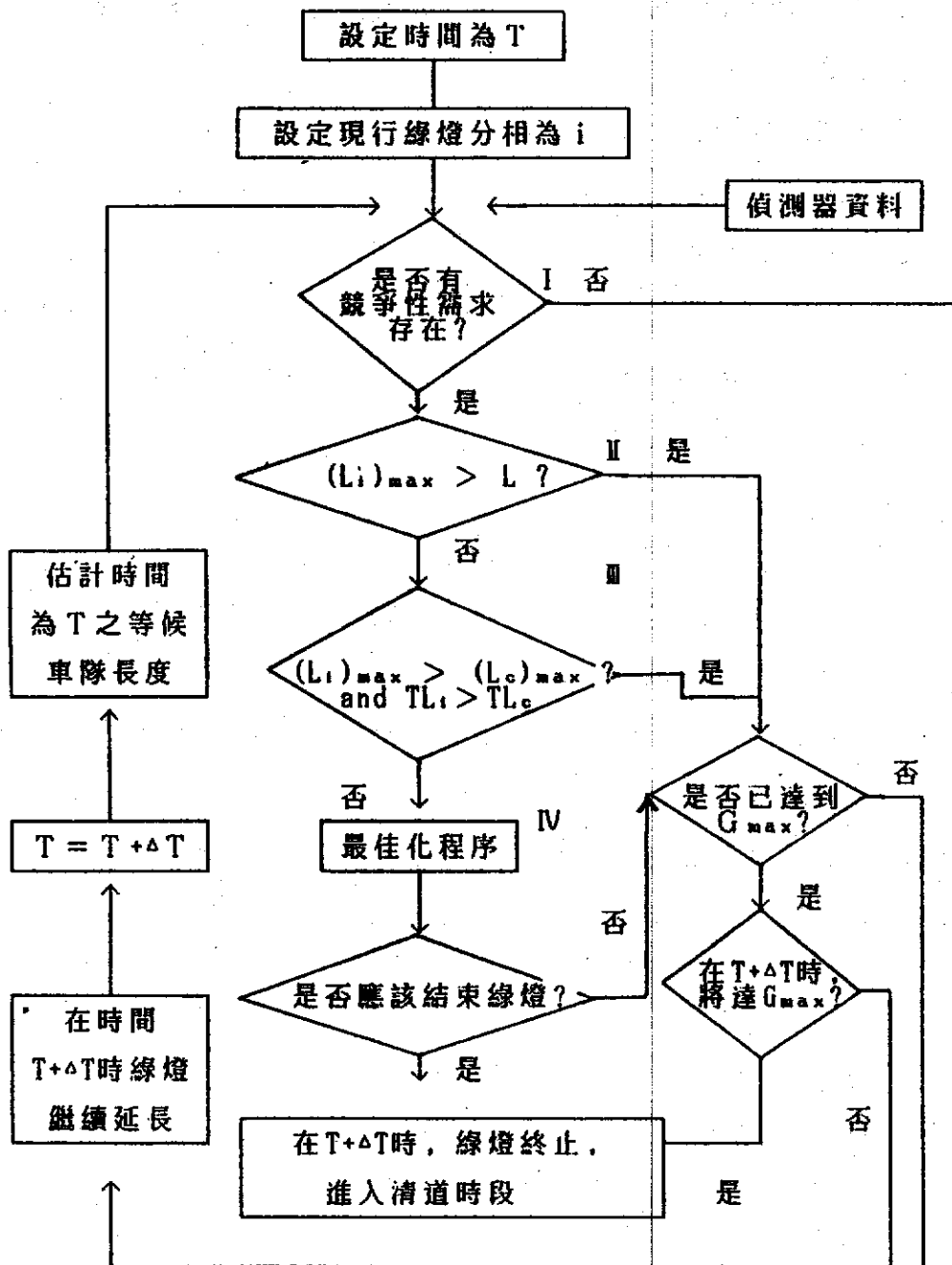


圖 3.2 SAST 綠燈調整之決策程序

茲將其決策過程簡述如下：

### 1. 第 I 級決策

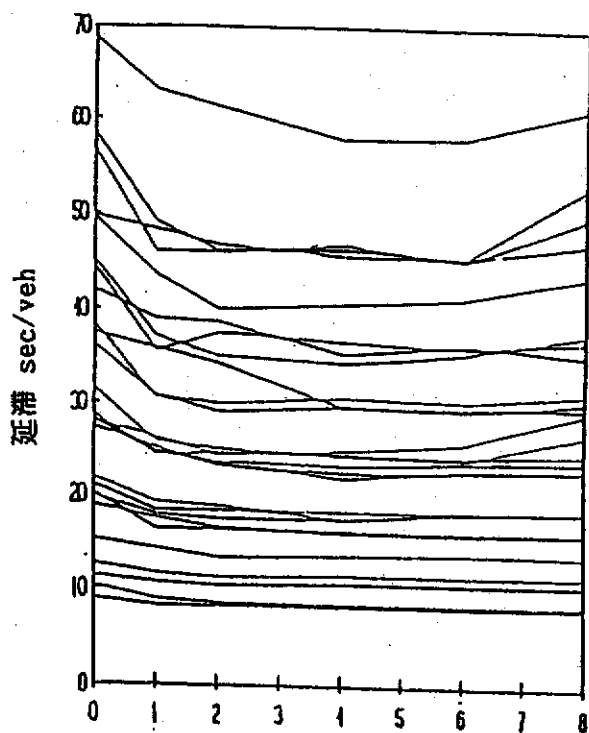
若無相同路權的競爭需求存在，則沒有理由將現行綠燈時相加以中止，在一特定的時間點 $T$ ，倘若所有等待獲得路權的時相存有下列預期的車流情況，則認定競爭需求並不存在：

- (1) 在 $T$ 時刻路口任何車道上均無車輛在等候通過，
- (2) 緊接著 $T$ 以後的 $n$ 個小步階中無任何預期中的車輛會抵達停止線。

### 2. 第 II 級決策

乃是根據 $T+\Delta T$ 時現行時相之最大預期等候車隊長( $L$ )來做決定，假若此等候車隊之長度超過一指定之門檻值(Threshold) $L$ ，則現行綠燈時間將在最長綠燈時間範圍內自行延長至 $T+\Delta T$ 以後。此項特色相當重要，倘使全動態控制僅只依賴時制最佳化的步驟，則某個交通需求較低的分相在其大部分的等待車輛能夠進入交叉路口之前，即很可能已失去路權，所以會產生此種結果當然是因時制運作不良所致，要消除此項問題唯有藉助最初的等候車隊長度資訊來避免直接進行時制最佳化。

爲了避免綠燈時間過長，SAST邏輯也允許將最大容許綠燈時間 $G_{\max}$ 的限制加諸於現行時相，然而此項 $G_{\max}$ 只有當所有競爭時相的最大等候車隊長均超過某一指定值時才會被用到，圖3.3顯示模擬出之最佳指定值是三輛車。



等候車隊長度門檻值

圖 3.3 等候車隊長度門檻值對延滯之影響

### 3. 第 II 級決策

此級決策須考慮到現行綠燈時相及所有競爭時相的等候車隊長度，倘使以下兩種情況均可滿足的話，則現行綠燈時間應延長至  $T + \Delta T$  以後：

- (1) 現行綠燈時相  $i$  之最大等候車隊長度  $(L_i)_{\max}$  比所有競爭時相的最大等候車隊長度  $(L_c)$  還要長。
- (2) 現行綠燈時相下的總等候車輛數  $TL_i$  比所有競爭時相的總等候車輛數  $TL_c$  還大。

#### 4. 第IV級決策

此級決策乃是真正的號誌時制最佳化。SAST邏輯之目標在使所有車輛之總延滯達到極小，或是使某些臨界車道上所有車輛之總延滯達到最小。這些車輛包括T時已停等中的車輛，以及那些預期在T與T+MAT之間抵達停止線的車輛。

#### 3.3.4 最佳化決策邏輯

有關號誌時制最佳化過程參見圖3.4。此過程中之首要工作乃是決定T+ΔT時是否應結束現行綠燈時相，此項決定尚牽涉到數個後續時相的變換順序，時相變換之目的則是為了達到最小延滯 $D_{min}$ 。

下一項工作乃是決定可否藉延長綠燈時間至T+ΔT以後而降低 $D_{min}$ ，此時只要考慮是否須在第二小步階結束時(即T+2ΔT)將現行綠燈時相中止掉即可，如此推論下去，其時相變換順序即可逐一地產生並加以評估。若由此時相變換順序所產生的延滯 $D_n \leq D_{min}$ ，則將現行綠燈時相延長至T+ΔT以後應屬可行，在此情況下，除非已超過最長綠燈時限 $G_{max}$ ，否則即可將現行綠燈時相繼續予以延長；反之，若 $D_n > D_{min}$ ，則可利用相同的方式來產生並評估另一個時相變換順序，直到所有在T+2ΔT時可能產生的時相變換順序全部評估完畢為止，如此繼續下去，將一一分析在T+nΔT時(n=3,4,5.....)是否須中止掉現行綠燈時間。

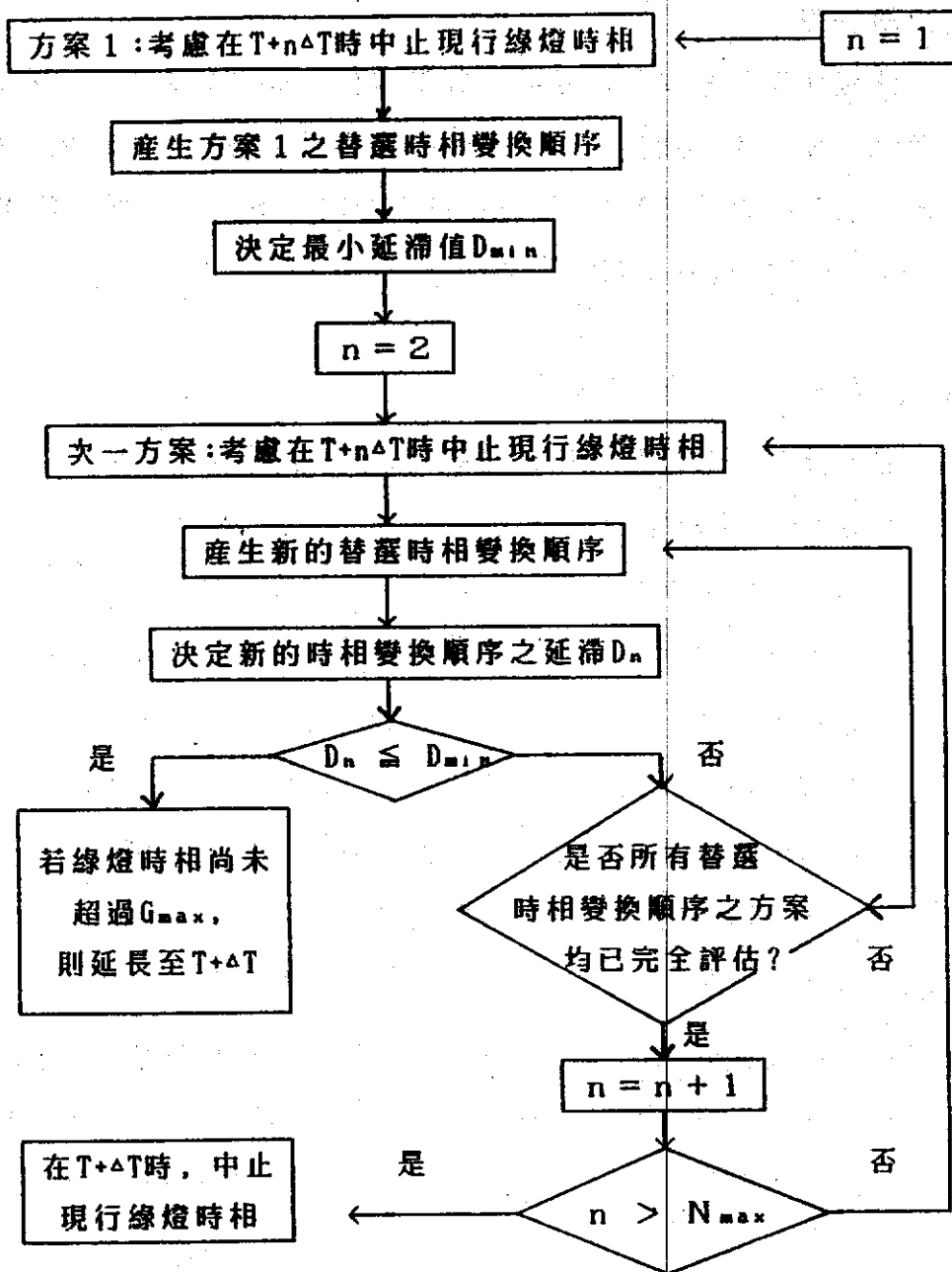


圖 3.4 SAST 時制最佳化程序



另外，SAST邏輯利用決策變數 $N$  來限制接受評估之方案數目，舉例而言，若 $N=3$ ，則只評估 $T+\Delta T$ 、 $T+2\Delta T$ 及 $T+3\Delta T$ 等時階下可能中止現行綠燈時間的各種時相變換順序，而包含 $M$ 個小步階的先期資訊，其 $N$ 的值應介於2與 $M$ 之間。

### 3.4 適應式控制之最佳化策略(OPAC)理論

#### 3.4.1 OPAC之介紹

OPAC是一種即時、需求感應式之交通號誌時制計算策略，全名是「適應式控制之最佳化策略」(Optimization Policies for Adaptive Control)，其主要特性包括：

1. 屬於一種即時、近似最佳化的控制方法。
2. 使用線上(On-line)即時(Real-time)資料。
3. 適合在微處理器(Micro-processor)中執行。
4. 在網路中可形成交通反應式(Traffic-responsive)的分散式(Decentralized) 控制區域。

#### 3.4.2 OPAC之發展過程

1. 動態規劃方法(Dynamic Programming)：期能獲致即時及近似最佳的控制效果。
2. 最佳化順序限制搜尋法(Optimal Sequential Constrained Search Method，簡稱OSCO)。
3. 水平推移方法(Rolling Horizon)

### 3.4.3 動態規劃方法

1.優點：可達到Global Optimum。

缺點：(1)需要完整的到達資訊。

(2)計算複雜，浪費時間。

(3)往後推移式的最佳化過程，要擴展至實務運用上有其困難。

#### 2.簡化的方法

(1)定義階段(Stage)及時段(Interval)兩名詞，一個階段大約是50~100秒，而時段則通常為3~5秒，若干個K時段組成一個階段，亦可能將時段視為步驟(Step)。

(2)每一階段至少須有一次號誌時制轉換，至多不可超過三次轉換。

(3)定義績效函數，係以延滯為主。

(4)執行所謂OSCO方法來獲致最佳轉換順序。

#### 3.時序轉換範例(Example Switching Sequence)

如圖3.5所示

#### 4.績效指標公式

績效指標公式 (Performance Function) =  $\sum_i (Q_0 + A_i - D_i)$

其中， $Q_0$ ：起始等候車隊長。

$A_i$ ：每個步驟(Step)i所到達的車輛數。

$D_i$ ：每個步驟i所離開的車輛數。

參考圖3.6中之斜線部分

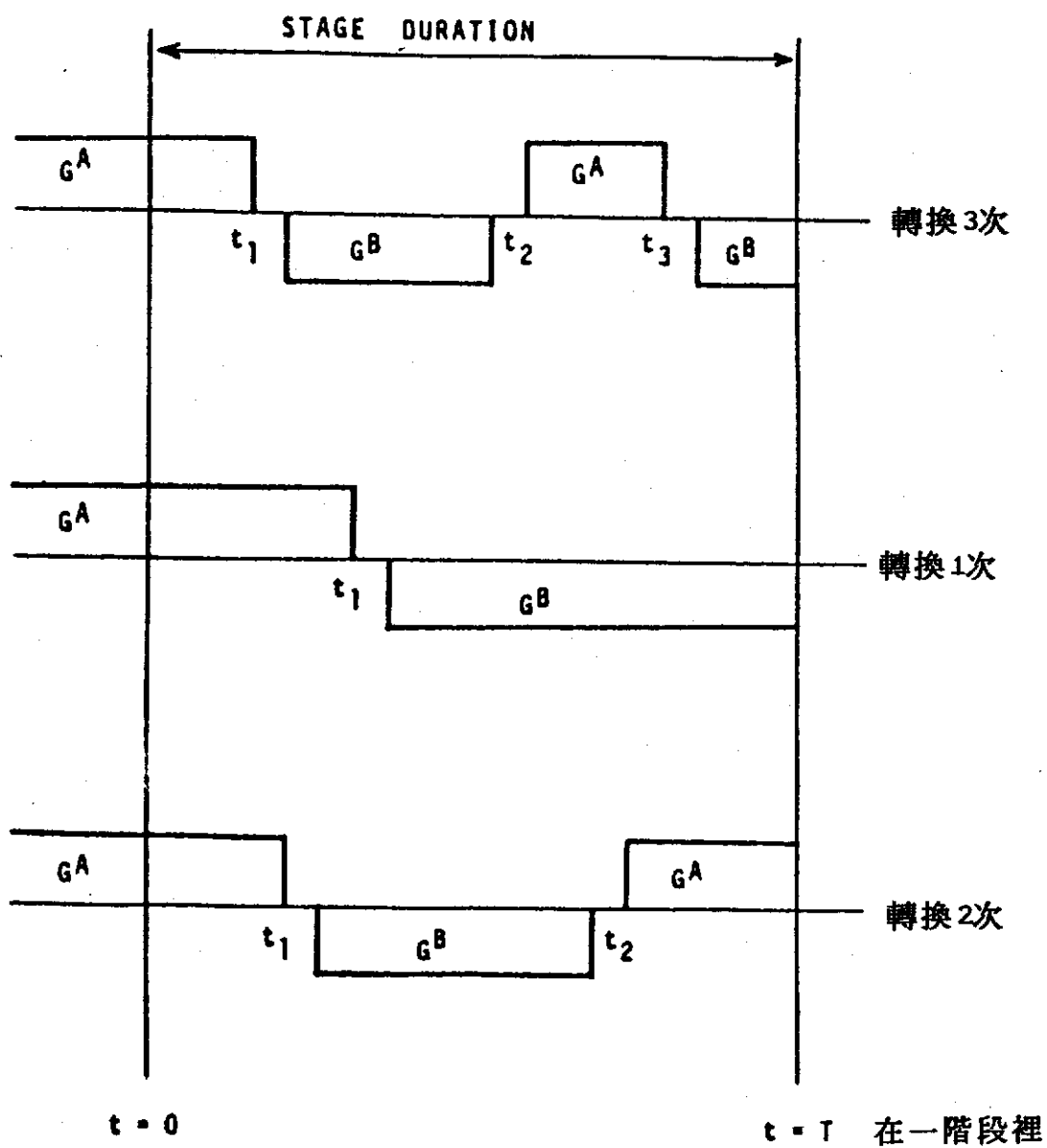


圖 3.5 時序轉換示意圖

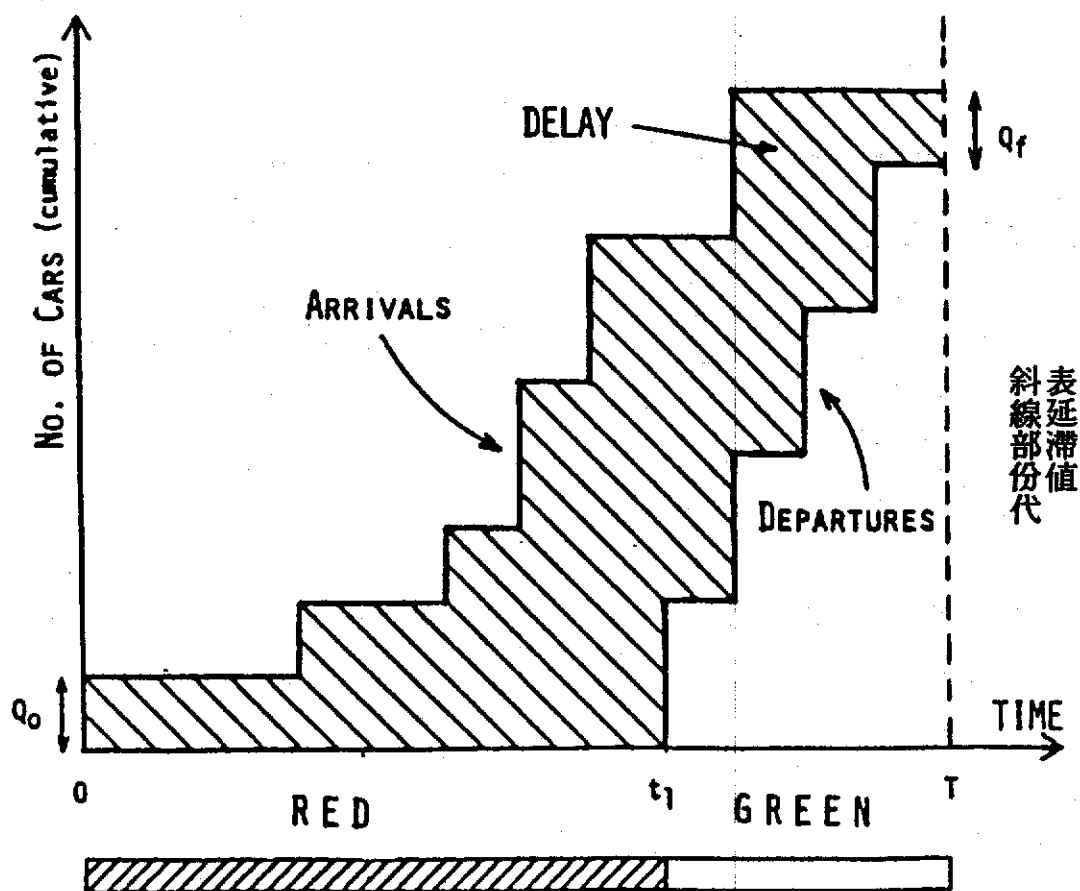
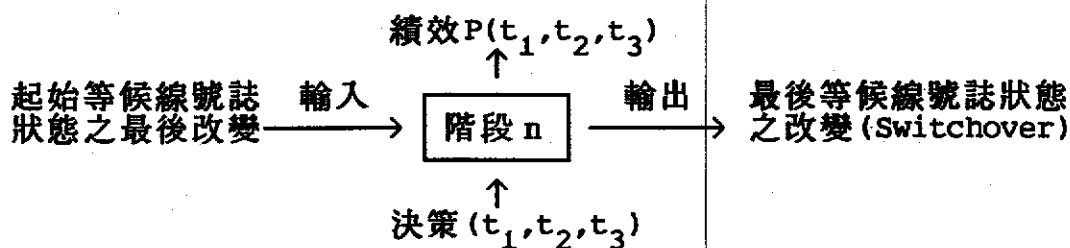


圖 3.6 流量剖面圖

5. 某個標準階段 (Stage)  $n$  中，資訊和決策流程圖如下：



6. 產生一個兩時相號誌之需求感應式策略實例，如圖 3.7 所示。

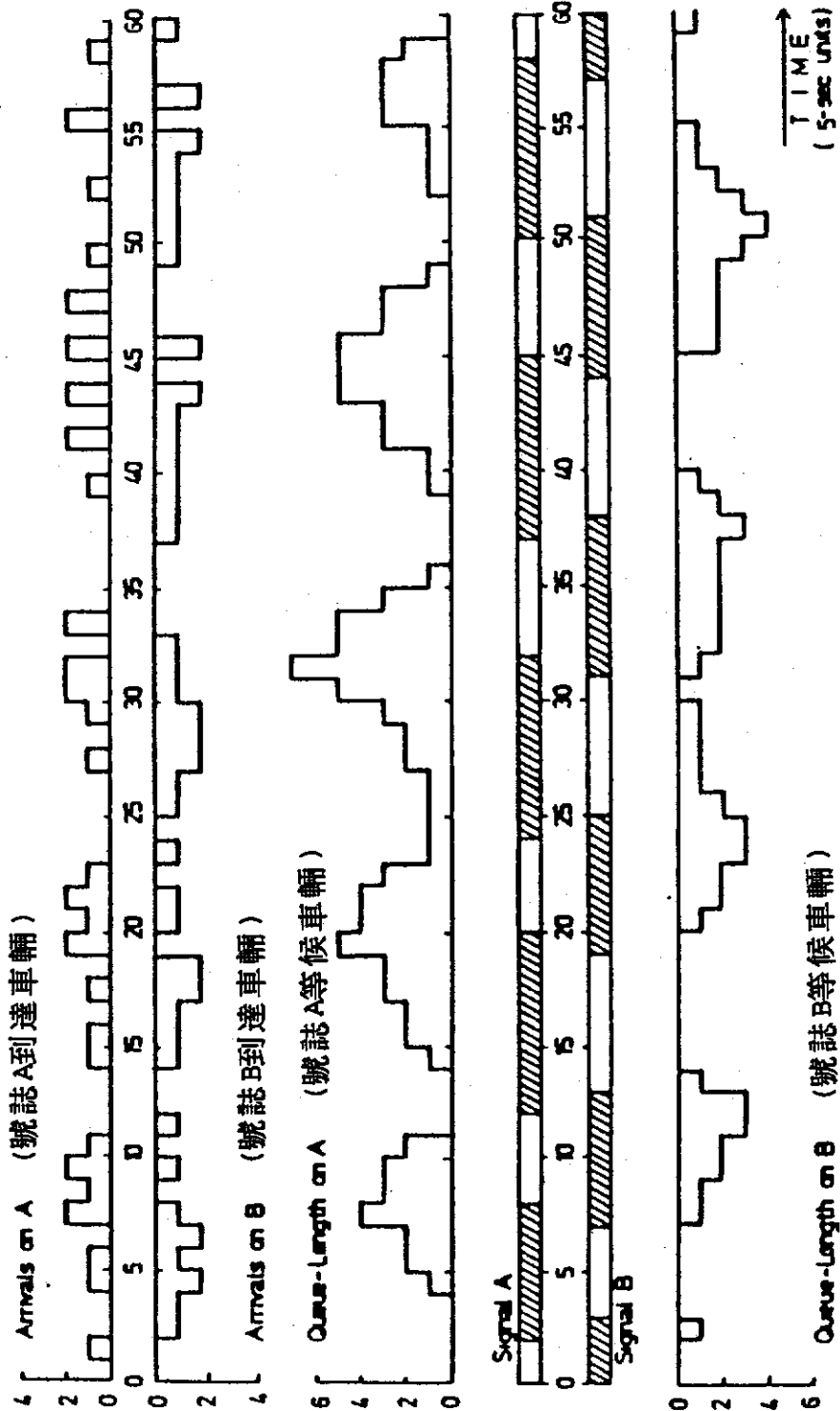


圖 3.7 一個兩時相號誌之需求感應式策略實例圖

### 3.4.4 水平推移方法(Rolling Horizon Approach)

因為無法完全獲致整個階段內的未來完整到達資訊，故乃利用設於路段上游之偵測器可用資料，供作資料產出－存貨(Production Inventory)控制之運作分析，以及計算需求感應式之控制策略績效值，現以圖3.8加以說明：

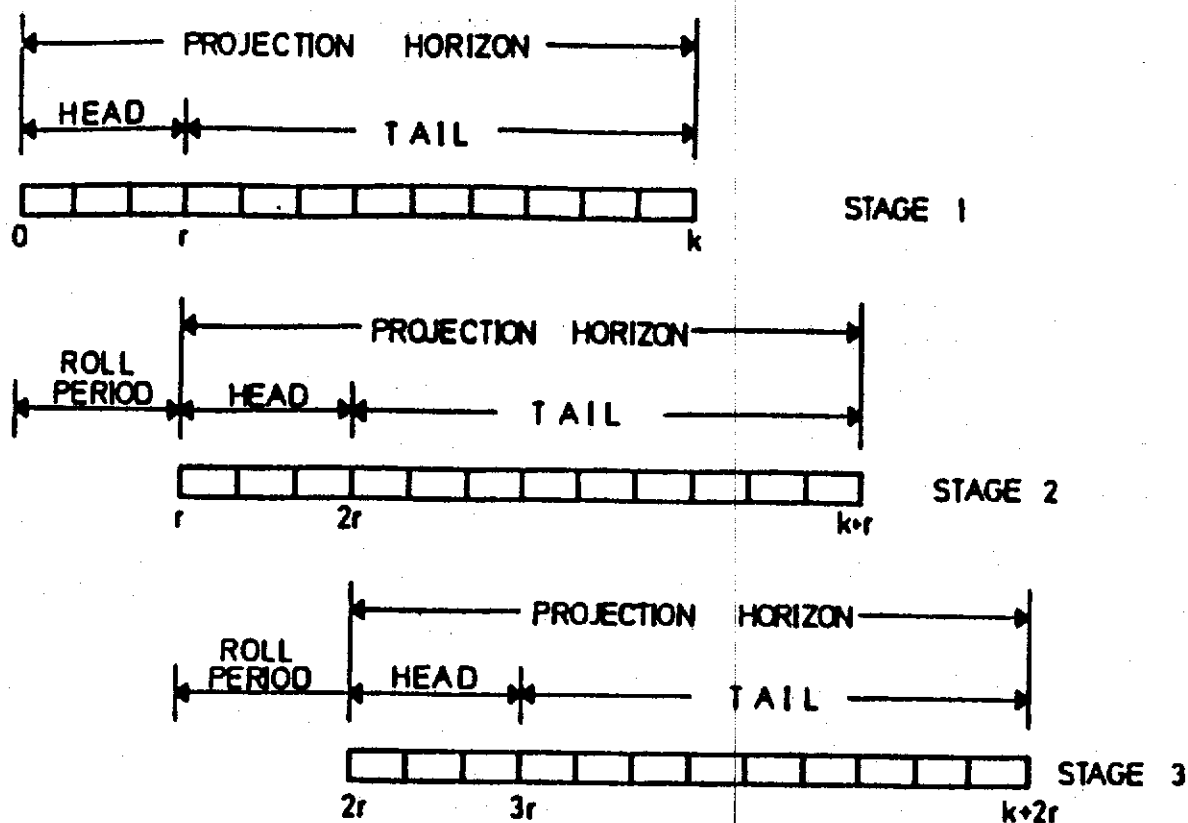


圖 3.8 水平推移方法示意圖

每一個階段中包含有K個步驟(Step)，稱之為水平投射(Projection Horizon)，此即所需交通流量資訊的期間(Period)，而每一階段的前r個步驟稱為頭(Head)，後k-r個步驟稱之尾(Tail)，"頭"的實際車輛到達數，可由上游偵測器推得，而"尾"的流量資料，則可由模式或是前一次水平投射所獲得的資料來估計。三種推導階段部份的流量資料，所發展出來的尾端模式(Tail Model)計有下列三種：

1. 固定剩餘時段(Fixed Tail, FT)：

在階段剩餘時段的每一步驟，使用於等於控制時段平均流量資料的常數值。

2. 靜態剩餘時段(Static Tail, ST)：

在階段的每一步驟，使用一不同值，其值係依該步驟控制時段到達型態的平均值而定。

3. 動態剩餘時段(Dynamic Tail, DT)：

階段的每一步驟值，係由前一階段該步驟的值經由指數平滑法而求得。

### 3.4.5 OPAC最佳化運作模式

1. Local Mode：僅考慮一個節點(Node)的臨近方向資料。

2. Global Mode：除本身外，同時還考慮了上游臨近方向的資料。

### 3.4.6 即時執行OPAC之情形

1. OPAC-RT第一版測試了兩時相的運作情形。

2.OPAC-RT第二版測試了Dual Ring八時相之運作情形。

### 3.4.7 OPAC-RT第一版之修正內容

- 1.去除了三次轉換之最佳化過程(經由實驗模擬得知)。
- 2.刪掉了Global最佳化之選擇(每Local Mode比較績效變異不明顯)。
- 3.增添固定剩餘時段之運作邏輯。
- 4.設定水平推移時間在一個時段。

### 3.4.8 OPAC系統整體架構圖

分成軟體、硬體及路口設備，如圖3.9所示。

### 3.4.9 OPAC-RT運算邏輯

如圖3.10所示。

#### 1.OPAC-RT軟體優先運算層次

(1)層次1(Level 1)：

乃進行偵測器資料蒐集，每0.1秒掃描1次。

(2)層次2(Level 2)：

乃為路口號誌控制器讀取指令及下達命令給號誌燈，每1秒掃描1次。

(3)層次3(Level 3)：

乃進行號誌轉換最佳化運算，每1時段(Interval)執行一次。

#### 2.OPAC-RT之測試計畫：事前事後調查



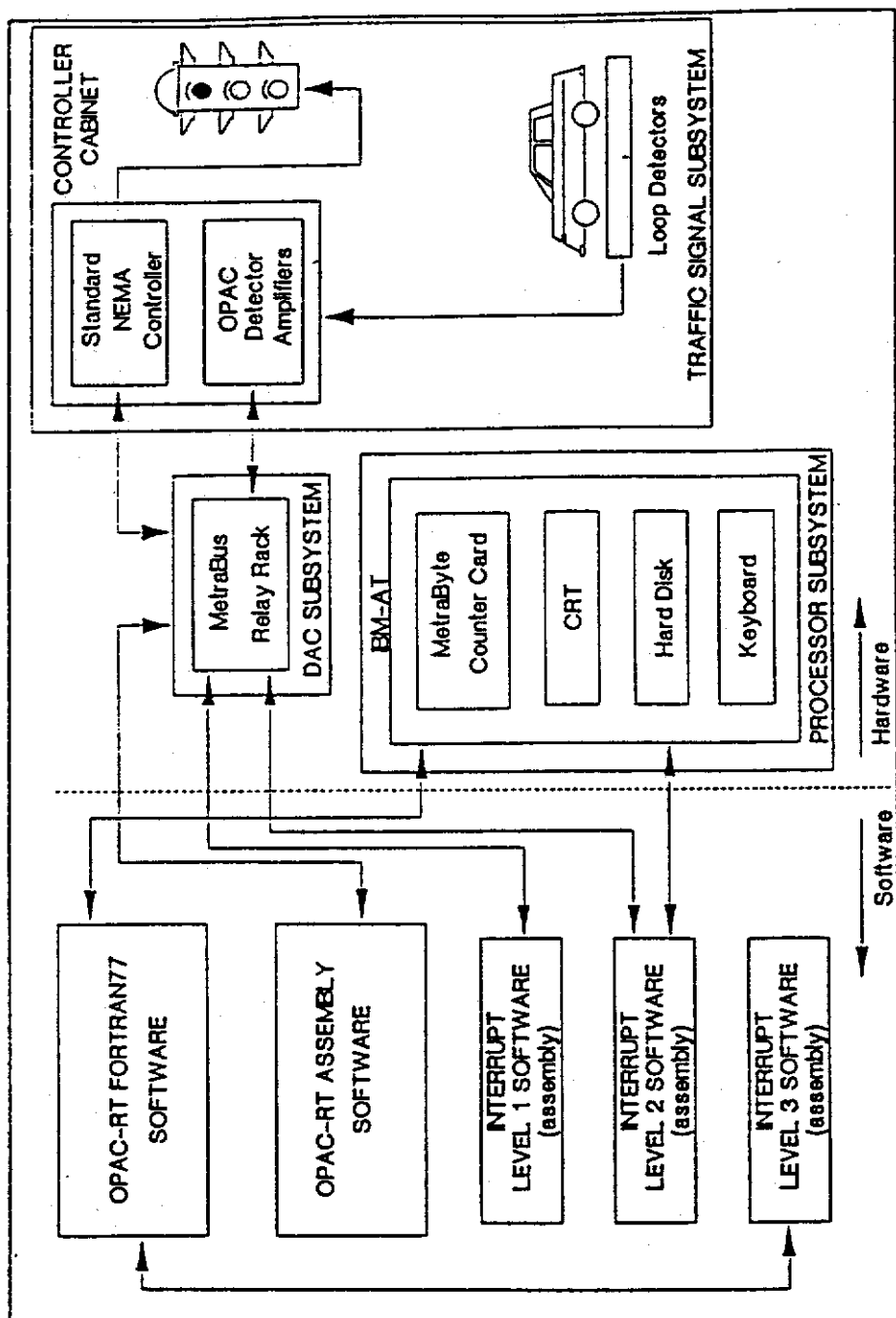


圖 3.9 OPAC系統整體架構圖

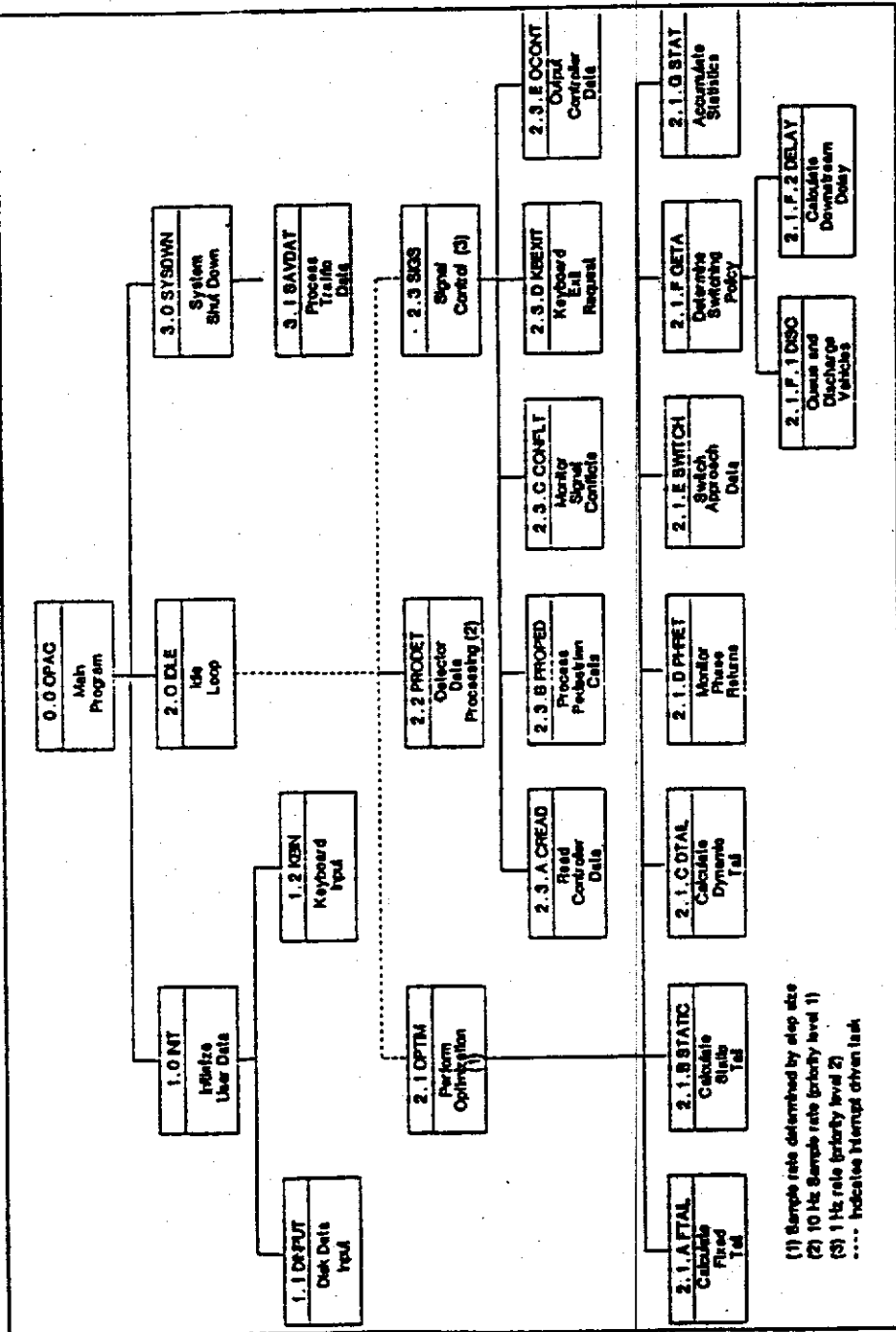
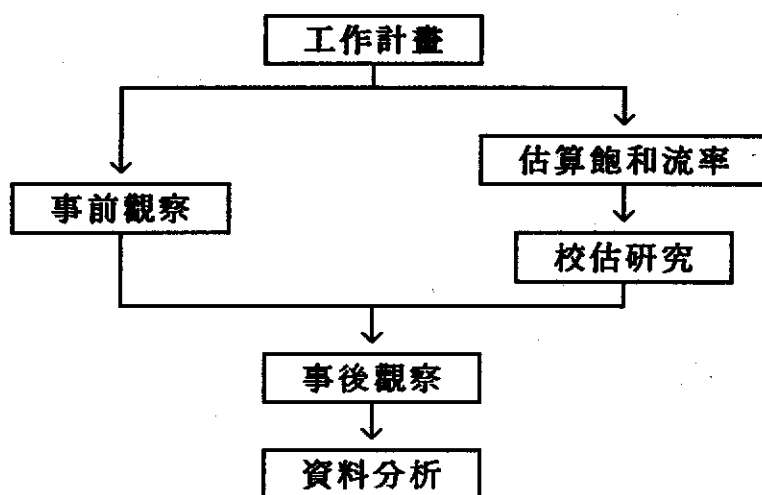


圖 3.10 OPAC-RT運算邏輯



### 3. 參數校估項目

- (1) 飽和流率
- (2) 從偵測器到停止線之旅行時間估算
- (3) 投影長度，即水平推移長度 (Horizon Length)
- (4) 固定剩餘時段方法中運算邏輯之平滑因子 (Smoothing Factor)

### 4. 資料蒐集

- (1) 每週期之流量 (vph)、延滯 (sec/veh) 與停等百分比
- (2) 總計 10 分鐘時間之資料

### 5. 測試結果

#### 第一次實地測試結果

延滯：減少 3.9% (6.29~6.04 秒)

停等百分比：減少 1.6%

週期長度：感應 = 40 秒，OPAC-RT = 44 秒

可知 OPAC 改進感應控制之績效不夠明顯

## 第二次實地測試結果

延滯：減少 16% (15.81~13.29秒)，交通成長率 4.12%

停等百分比：增加 3.9%

週期長度：感應 = 86秒，OPAC-RT = 55秒

可知 OPAC 改進感應控制之績效較明顯

### 3.4.10 OPAC-RT 第二版介紹

#### 1. OPAC-RT 第 2 版之修正內容

- (1) 增添 Dual Ring 多時相控制。
- (2) 該定時相之最短綠燈及最長綠燈可以各別決定，不必要一樣長。
- (3) 增添停等車輛數列入績效函數中。
- (4) 設定擁擠狀況時佔有率之門檻值，若是超過，則立即終止 OPAC 運作，跳回感應控制。
- (5) 設定支道必須要有轉換的限制，如跳躍時相，爲了避免流量預估錯誤，改採存在式偵測器 (Presence Detector) 來改進。

#### 2. 支道左轉時相之處理方式

- (1) 視爲 Intergreen 時段，不增添一個新時段之綠燈值。
- (2) 利用指數平滑法，來預估其時間。
- (3) 估計左轉流量 (乃基於使用者的車前紓解率來計算)。

#### 3. 第三次實地測試結果

延滯：減少 7.7% (20.83~19.23秒)

停等百分比：增加 9.5% (停等權數係數 = 1)

週期長度：感應 = 110秒，OPAC-RT = 80秒

可知延滯明顯地降低，但是停等百分比卻提高，亦即存在著某種得失互換 (Trade-off)。

#### 4. 經濟效益分析

OPAC-RT 成本比較

項 目	二時相控制			八時相控制		
	NEMA(1)	OPAC-RT	NEMA(2)	NEMA(1)	OPAC-RT	NEMA(2)
控 制 器	\$2,100	\$3,000	\$2,100	\$2,100	\$3,000	\$2,100
偵測器放大器	240	720	240	480	960	480
線圈裝置費	8,400	11,100	2,800	8,400	11,100	2,800
引線裝置費	1,700	25,700	14,400	1,700	25,700	14,400
總 成 本	\$12,400	\$40,520	\$19,520	\$16,780	\$434,960	\$23,980
增加之OPAC成本	\$28,080		\$20,980	\$28,180		\$20,980

以節省1秒為例，其

$$\begin{aligned}
 \text{經濟效益} &= 1(\text{sec}) \times 3600(\text{vph}) \times 24(\text{hrs/day}) \times 365(\text{days/yr}) \\
 &\times \$4.00(\$/\text{hr}) \\
 &= \$35,040/\text{yr}
 \end{aligned}$$

結果顯示一年內即可回收成本，可知經濟效益極為可觀。

### 3.5 全動態控制策略之課題與未來發展

#### 3.5.1 全動態控制策略所面臨之課題

1. 車速之估計和車種之分辨。

**(1)所需比較之方案次數：**

Bang考慮兩個替選方案

Miller考慮六個替選方案

OPAC考慮幾百個替選方案

理論上OPAC若有準確的預測資料則可得到整體最佳化，但實際卻不然。

**(2)從事淨利益(Net Benefit)比較評估時，所須評估的時間長度：**

理論上必須考慮到整天，否則不會達到整體的最佳化，但實際上並無此必要。

**3.決策的績效評估準則。**

**4.自我校估(Self-sustaining)所需之運作**

(1)起始狀態(Initialization)

(2)回饋修正(Feed-back)

**5.全動態號誌控制邏輯對於幹道、網路和整合式控制(Integrated Control)之發展應用。**

**3.5.2 全動態號誌控制策略評析**

**1.全動態號誌控制策略之基本特性包括：**

(1)比傳統控制方式更具智慧性。

(2)只利用極短而少量的預測資訊。

(3)嘗試使號誌控制達到真正之最佳化。

(4)根據目前的流量狀況來決定時制。

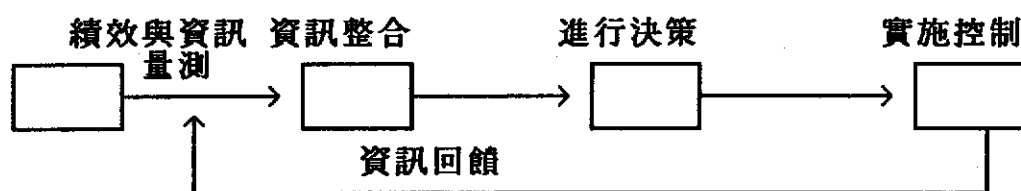
(5)號誌時制的運作係以逐步微調之方式來決定。

**2.為何需要採用全動態號誌控制？**

- (1)可提供較有效率的號誌運作，(尤其是在中、高流量)。
- (2)爲了減少目前各級交控策略之種種問題。
- 3.如何獲得高效率的控制績效？
  - (1)時制調整的小時階應儘可能的短。
  - (2)決策過程的最佳化程序應儘量避免使用預測的資訊。

### 3.5.3 未來發展建議

#### 1.軟體方面之發展



全動態號誌控制之運作架構

#### 2.硬體方面之發展

- (1)自我動力之偵測器 (Self-powered Detectors)
- (2)影像處理系統 (Image-processing Systems)
- 3.發展智慧型之交通控制系统。

## 第四章 國內電腦化都市交通控制系統之發展現況

### 4.1 概述

我國台灣地區之都市交通號誌系統，撇開早期以機電式(Electro-mechanical)的舊式控制器獨立運轉之老式控制方式不談，真正進入現代化的微處理機式(Microprocessor Type)智慧型控制器(Intelligent Controller)，而以中央控制方式實施號誌連鎖之電腦化架構者，迄今僅約五年之發展歷史。而我國第一套由國人自行規劃、設計，並施工安裝完成之「電腦化交通號誌控制系統」，係在台南市首先開發成功，將我國都市交通號誌系統帶進一嶄新之紀元。

台南市電腦化交通號誌控制系統之成功，主要必須歸功於交通部之經費補助、運輸計劃委員會(即現在之運輸研究所前身)之技術指導。當時台南市警察局之大力推動，以及承包商之配合開發，使台灣地區都市交通控制系統的現代化向前邁進了一大步；惟自民國七十三年七月開始，至同年十二月完成的第一期二十七處路口電腦化工程，主要是硬體方面之改進，在軟體時制控制策略方面，則尚付闕如。

隨後交通部藉所委託之專題研究計畫「交通號誌系統之彈性連鎖規劃與運轉作業」，鼓勵成功大學交通管理科學研究所協助台南市警察局從事「台南市第二期交控系統工程」之軟體時制計畫規劃工作，共計涵蓋八十處路口，區分為獨立路口。連鎖幹道與網路系統等三種型態，利用四種修改後的時制最佳化套裝軟體，即：SOAP-84、MAXBAND、PASSER II -84 與 TRANSYT-7F 來從事靜態定時式時制之設計。該項工程於七十五年四月完成，且運作績效獲得各方肯定後，遂又於七十



六年二月開始之第三期交通號誌系統工程中，正式接受委託開發全套的交控軟體，至同年十月發展完成屬於前述第一代交通控制策略之套裝軟體，並命名為「第一代電腦化動態交通控制系統」(Computerized Dynamic Traffic Control System, COMDYCS-I)，並於台南市南門路幹道群組與健康路－金華路獨立路口正式連線運轉，從此交通號誌系統的軟、硬體部份正式完成整合，而成為完整的第一套國產電腦化都市交通控制系統。

自此以後，台灣地區各大都市乃相繼跟進，緊接著彰化市、台北縣、基隆市皆陸續開始推動號誌現代化的工作；而另一方面，由於國際原油價格之巨幅下跌，造成我國中國石油公司之超額盈餘，政府鑒於國內都市交通擁擠之問題日益嚴重，遂一本「取之於路，用之於路」之原則，將盈餘款設立專戶撥交交通部統籌分配，補助各縣市電腦化號誌工程之一半經費，加上由省府補助之六分之一經費，使得地方政府只須自籌總經費之三分之一便可發包施工，如此更加強了各大都市政府之推動意願與信心，在此情況下，台北市、高雄市、台中市、新竹市、嘉義市與高雄縣皆相繼顯露濃厚的興趣。

在整合性都市交通控制系統的技術開發方面，國內學術界的研究發展腳步，並未因此而稍有懈怠，繼第一代交控系統獲得成功後，自民國七十七年一月起，成大交通管理科學研究所又投身於第二代交控系統之軟體開發工作，至十月底止又順利開發成功COMDYCS-II，並預計於同年十二月底前安裝於台北縣警察局交通號誌控制中心，完成連線測試與移交工作，至此國內都市交通控制系統遂向前推展至第二代交控策略之架構，至於安裝於基隆市與台中市之TRUSTS ( Traffic Responsive & Uniform Surveillance Timing System )系統，則亦

屬於類似之架構。

現依完工之先後順序，將國內電腦化都市交通控制系統之發展過程列示如下：

(1)採用迷你電腦爲主控架構者—均係外商承包

民國 65 年 4 月完成台北市第一期計 43 處路口 (日商松下系統)。

民國 72 年 3 月完成台北市第二、三期計 76 處路口 (荷商菲力普系統)。

(2)採用微電腦爲主控架構者—均係國內廠商承包

民國 74 年 7 月完成台南市第一期計 27 處路口。

民國 75 年 6 月完成台南市第二期計 43 處路口。

民國 75 年 6 月完成彰化市第一期計 23 處路口。

民國 76 年 1 月完成台北縣首期計 20 處路口。

民國 76 年 12 月完成台南市第三期計 67 處路口。

此時成大所設計之第一代電腦化動態交通控制系統 COMDYCS-I 正式推出。

民國 77 年 1 月完成台北縣第一期計 76 處路口。

民國 77 年 3 月完成基隆市第二期計 22 處路口。

民國 77 年 8 月完成台中市第一期計 72 處路口。

此時另一套 TRUST 系統亦完成推出。

民國 77 年 12 月完成台北縣第二期計 44 處路口。

此時成大新改良設計之第二代電腦化動態交通控制系統 COMDYCS-II 再度完成推出。

截至 77 年 12 月底爲止，國內各都市已納入電腦化中央控制下之路口數排序如下：

(1)台南市共 147 處路口。

(2)台北縣共140處路口。

(3)台北市共119處路口。

(4)台中市共72處路口。

(5)彰化市共23處路口。

(6)基隆市共22處路口。

另一方面，交通部有鑒於國內都市電腦化交通號誌系統之蓬勃發展，為求檢討各系統辦理情形與評定實際運作成效，以資擷長補短，相互觀摩，並做為未來中央經費補助之依據，乃於前年(76年)十一月間邀集具有公信力之專家學者及工研院電子所共同組成「電腦化交通號誌控制系統功能評鑑小組」，針對交通部曾經補助過之台南市、彰化市、台北縣、基隆市加上台北市等共五縣、市，從事實地查看與績效評鑑，其結果大致上以台南市成效最佳，台北縣、台北市、彰化市次之。

此外交通部也基於此次評鑑工作之諸多收穫與發現，又以評鑑小組之原班人馬展開交通號誌系統之國家規範制定工作，藉收統一管理之效，至民國七十七年七月間，順利發佈「電腦交通號誌控制系統之規劃與設置規範」一書，另又於最近完成「電腦化交通號誌控制系統之通信規約」，即將公告全國一體遵行，從此國內都市交通號誌系統之推展，終於由百家爭鳴的局面，納入中央統一規範控制下的有秩序發展新貌。

以下將就國內都市交通號誌系統中具代表性之COMDYCS-II系統與TRUSTS系統分別加以摘要介紹。

#### 4.2 第二代電腦化動態交通控制系統(COMDYCS-II)簡介

有關整個COMDYCS-II系統，可就硬體與軟體兩個層面來說明其設

備組成及有關功能。

#### 4.2.1 硬體架構與組織

##### 4.2.1.1 控制中心硬體設備及其功能

有關控制中心的硬體設備包含：五部 IBM PC/AT、網路檔案伺服器、列表機、地圖板和地圖板控制器。整個系統架構如圖 4.1 所示，其規格及功能說明如下：

#### 一、電腦部分：

A. 第一台：IBM PC/AT 級相容型電腦 (CPU: Intel 80286-12)，專責通訊，路口故障列表，通訊格式轉換等。

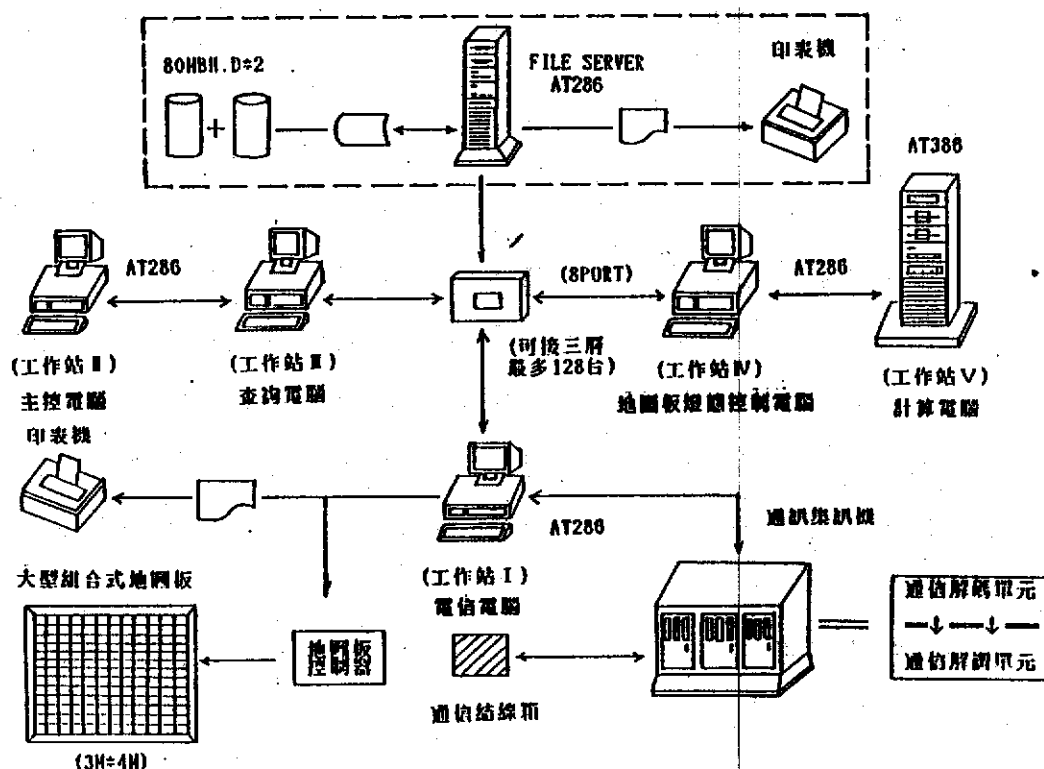


圖 4.1 控制中心硬體設備架構圖

- B.第二台：IBM PC/AT 原廠電腦 (CPU: Intel 80286)，此為主機，另主系統資料之修改。
- C.第三台：IBM PC/AT 級相容型電腦 (CPU: Intel 80286-12)，隨動態路況圖形之查詢，為彩色螢幕，供示範之用，配置 EGA 卡 (640\*400)，中文使用倚天中文卡，可視為未來動態路口數之增加而持續擴充。
- D.第四台：IBM 5550 級原廠電腦 (CPU: Intel 8086) 負責地圖板燈態控制。
- E.第五台：IBM PC/AT 相容型電腦 (CPU: Intel 80386) 負責動態即時運算。
- F.網路檔案伺服器：IBM PC/AT 級相容型電腦 (CPU: Intel 80286-10)，為網路主控並提供網路檔案共用之功能。

## 二. 列表機共兩部

## 三. 地圖顯示儀表板

## 四. 地圖儀板顯示控制器：

透過通信控制介面，將全部路口由 5 條控制線串聯成一線，以掃描方式分別取出各路口燈態及故障訊息，顯示到地圖板上。

## 五. 通信解調及解碼集訊機：

首期工程之通集訊機具備 64 組迴路，第一期工程另已擴增 32 組迴路總計 96 組通信迴路，訊號處理層次也已遞升一級。專線數據機 (Modem) 300 比次以下採用自備解調 (數據) 介面卡，並將原租用電信局 300 比次數據機撤換為自備介面卡，300 比次以上仍採用電信局數據。

### (1) 解調介面卡 (Modem Card)

(2)輸出入訊號解碼介面：

通信集訊機以32個路口為一組，計有二組64處路口為低階訊號位準，再依路口編號集中於高階訊號位準微處理機 (CPU)介面，第65~96號路口迴路則另已建立訊號處理層次，並與第1~64號迴路連線。

(3)介面卡本身具備微處理機、記憶體及解碼軟體、執行通信網路之資訊傳送與接收，並將資料偵錯碼，以DMA方式正確傳送給主控電腦。

#### 4.2.1.2 路口及通訊設備架構與功能

有關路口及通訊設備之架構，可分下列三部分予以說明：

一、通訊系統架構：

基本上，路口通訊系統可區分三個層次：即偵測器、路口控制器和路口群組主控制器，上下相通，最後將資料送往通訊集中機後便可進行控制中心的決策運作。通訊系統可由圖4.2見其梗概：

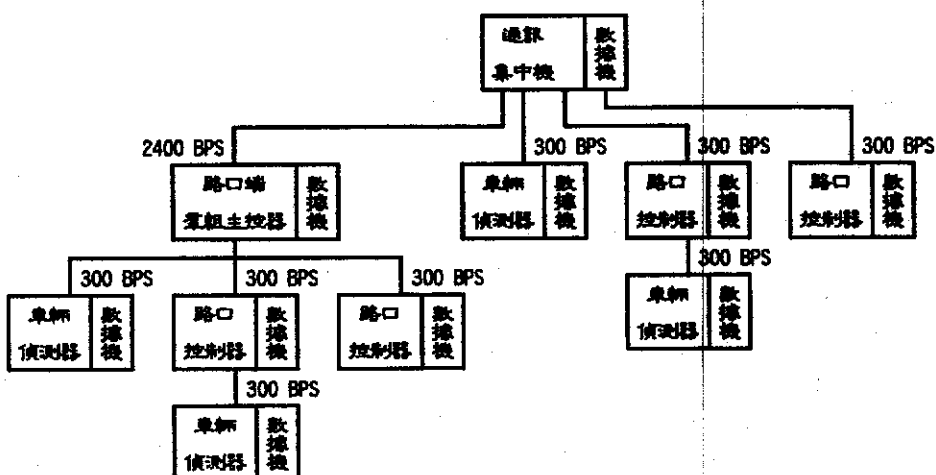


圖 4.2 路口通訊系統概要圖

## 二．路口控制器

此控制器為智慧型之微電腦控制器，從各個單獨路口透過電信專線與控制中心相互傳遞訊息並可接受控制中心之命令及各種時制計畫，隨時調整路口燈態，以達到整體交通網路之控制。有關其功能介紹如下：

- (1)本控制器採模組化設計，每種控制單元均有控制介面卡，卡片上具有故障指示燈，維修簡易。
- (2)依設置地點以不規則編碼方式設定，本控制之編號供控制中心識別，更改時須透過設定之密碼始能取得設定更改權。
- (3)時段設定每日有15種時段變化，且設有三種日段（如平常日、尖峰、週日），閃光及既定參數供設定一週七天執行表時使用，可免重覆操作程式。
- (4)特勤手動時，燈號控制以先開機者掌有主控權，全線路口自動變為以二時相方式控制燈號變換，並可設定15種日期預設（特定日）表。
- (5)當通信中斷時仍可靈活獨立工作，照常與鄰近路口作為原時制。同步運轉。

## 三．路口連鎖微電腦主控制器

對於原已設定連線之路口群組，除個別偵測器外，尚有一連鎖微電腦主控制器，其功能說明如下：

- (1)當控制中心與路口間通信中斷時，仍可由本機依中心主電腦預先儲存之執行模式及參數，以原設定連線路口間之群組關係，續作連線運轉。
- (2)具有路口微電腦控制器之燈態顯示，設定功能（燈號驅動功能除

外)，並附有 8組傳統機器之連鎖信號輸出，及故障信號輸入顯示。

(3)每當主控電腦下達指令或修改執行參數時，立即儲存於記憶體並轉送至路口控制器，亦可由反向進傳輸資訊至控制中心。

#### 四．偵測器之功能：

(1)本偵測器使用微電腦控制兩組感應迴圈偵測車輛。

(2)可以感應車輛之數量，並計算其速度、道路佔有率、車身長度，並以判別車輛之種類(大車、小車、機車)等。同時經由通信線路即時送回中心或路口號誌控制器，以供控制交通號誌參考。

(3)累積所有資料至一設定之時間，按時送回中心或路口號誌控制器。

(4)本偵測器同時保存24小時之資料，隨時接受中心要求送回，以彌補中心遺漏之資料。

#### 4.2.2 動態系統軟體架構

就軟體方面而言，整個系統架構可分為靜態控制與動態控制兩部分(圖 4.3)。靜態控制部分主要是建立一時制資料庫，此資料庫之建立依據靜態控制路口之群組劃分類型，選擇適當的交控時制軟體，再輸入由實地調查所得不同時段的交通流量，而計算出對應的最佳時制，並加以儲存，以備隨時查詢、更新及送至路口執行。

而動態控制部分之軟體架構則複雜許多，主要分為動態時制產生子系統與動態查詢／編修子系統等兩大部分，其中時制產生系統的功能可劃分為：交通感應式時制控制(包括查表與計算)、群組預約設定控制(ACS, Area Control Scheduling)、臨界路口控制(CIC, Critical Intersection Control)、特殊時制控制，以及定時時制控



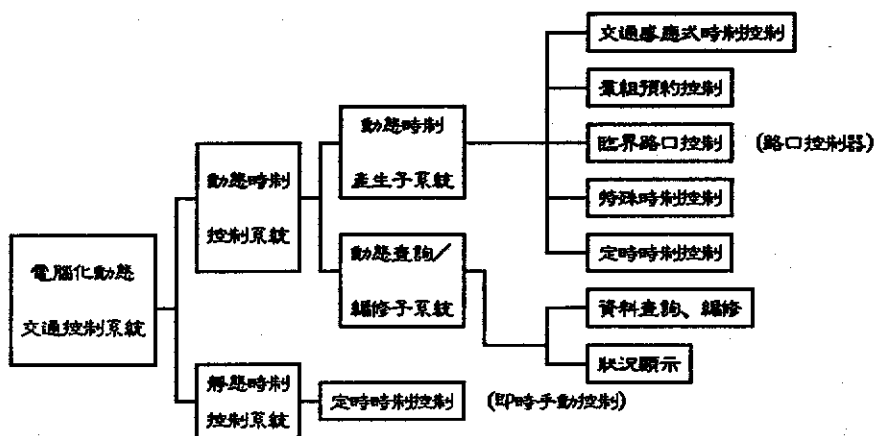


圖 4.3 電腦化動態交通控制系統之軟體架構

制等。所謂「交通感應式時制控制」即是隨交通量變化而即時以查表或計算方法產生新時制的控制方式。其中「線上查表法」需預先針對所有可能發生之各種流量變化組合建立完整之時制資料庫，而「線上計算法」則須備有數個最佳時制計算套裝程式，再經過一套研判準則即可由不同的時制產生方法中選得一較佳的時制予以執行。動態時制控制係以交通感應式控制為主，經由人為的設定或當系統發生故障時才有可能改變為其他的控制方式。

「群組預約設定控制」即在此動態系統中針對每一群組建立一以15分鐘為單元，長達一週的行事曆表格，以供操作員預先設定各種異於交通感應式的控制方式代號。實際運作時，除非有操作員即時手動控制，否則某一時段的控制方式均以此群組預約控制表中設定的方式為準。「臨界路口控制即」事先選定特殊的路口，賦於該路口控制器

部分權限，在系統預設的15分鐘控制時段內，每5分鐘改變該路口的時比分配，以因應短時間但變化特異的交通需求。特殊時制則是事先為某些特殊狀況而設計多組時制，給予代號，依需要事先將代號鍵入群組預約控制表中，屆時即可執行特殊時制，而操作員採線上即時手動控制時也可鍵入某一特殊時制代號予以執行。定時時制控制則與靜態系統之定時時制控制方式相同，係依不同時段的交通流量預先算出最佳時制計劃，除了存入路口控制器外，系統內針對每一群組也建立定時時制資料庫，此控制方式可經由群組控制預約表預先設定或由操作員人為手動指定之。但當系統發生故障而無法執行其他動態控制方式時，路口控制器會自動執行此定時時制控制。另外為便於動態系統中各種運作狀況之顯示及各項資料之查詢，另建立一查詢／顯示子系統，其功能包括：路段流量、偵測器流量、獨立路口或幹道之流量／時制查詢，以及各路段飽和度、速率、佔有率之排名與各路口燈號之顯示等等，此子系統也控制時制產生子系統所在之計算電腦的開機／關機動作。

#### 4.2.2.1 羣組劃分

該系統規劃之40個路口，除一部分於交通感應式系統外，其餘均採用靜態定時之時制設計。群組主要可區分為(1)獨立路口(2)幹道系統等二類。

其中選取2個獨立路口與7個路口幹道群組為動態控制之群組，此三個群組時制資料庫之建立將完全獨立進行，其餘群組則均以靜態定時控制方式來設計時制。

#### 4.2.2.2 定時時制運作規劃

定時式時制 (Time of Day)，係依據交通調查所得之流量趨勢，將全天劃分成數個時段，並依據幾何特性、轉向特性....等因素來劃分群組及設計路口號誌時相，而後再就各群組分別執行時制最佳化程式，進而獲取適用於各該群組的最佳時制，然後再將此時制預先儲存於電腦系統或控制器中，以便路口號誌的運作能定時的按照計畫表來加以執行。

除靜態路口以定時控制方式來進行控制外，動態系統也規劃了一套定時時制的運行系統，以備系統發生故障或欲人為加以設定時均可使用，以下即就各系統的定時設計過程加以闡述。

##### 一. 交通感應式系統之定時時制設計

###### (1)獨立路口定時時制設計

設計定時時制時，即利用 SOAP-84程式之時制策略的指派特性，先對全天流量趨勢，分成幾種不同類型的流量組合，並給予不同控制策略號碼，經過多次的 SOAP-84模擬分析，將全天屬於同一類型流量的時間單元，劃歸為同一時段，而後再重新設定控制卡的持續時間，重覆執行一次即可。然因受限於控制器內所存時制組數的限制，故此定時時制表至多可劃分為15個時段。

###### (2)幹道系統定時時制設計

針對動態感應式幹道所設計的定時時制計劃共分為13個時段，有關時段劃分準則係針對幹道中的臨界路口的全天流量趨勢加以比較，而後輔以人為經驗判斷與專家知識，依流量延伸趨勢劃分成不同時段；而後將各時段流量及所需參數輸入 PASSER II - 84程式中加以求解，即得各時段之時制計劃，為剔除不合理的時制，本

規劃再次以專家經驗審慎檢視判斷，重新設計、反覆修改，直至最後方得出最佳帶寬下之時制計畫。其詳細的求解過程如下：

A.校估影響幹道時制求解的重要參數，以求能符合研究地區之特性，此些重要參數包括：飽和流量、消散時間及各路段的續進速度。

B.根據交通量調查所得之流量趨勢，將全天劃分成數個時段。

C.根據路口群組、幾何特性及轉向特性....等劃分群組及設定路口號誌時相。

D.將各路口流量先利用 PASSER II - 84程式求解各路口的最小延滯週期。因幹道連鎖之共同週期最好符合：

$$0.85 \times \text{Max} \{C_i\} \leq C \leq 1.25 \times \text{Min} \{C_i\}$$

其中  $i$ ：路口編號

$C_i$ ： $i$ 路口之最小延滯週期

$C$ ：週期上下限

故利用上述準則界定尋優週期的上下限。

E.依重新界定後的週期上下限進行幹道最佳續進週期的尋優。

F.以人爲判斷，將結果不理想的時段重新修正執行

## 二. 靜態系統定時時制設計

該系統之靜態群組皆屬幹道系統，故設計時制時，即以考慮續進帶寬最大化的改良式 PASSER II - 84程式爲之。而有關設計求解過程則均與感應式動態幹道類似。

### 4.2.2.3 動態交通控制系統架構與資訊流程

電腦化動態交通控制系統之軟體爲一封閉式之包裝，除開機動作

外，不容許任何人為因素之干擾。有關動態時制之控制與系統的少數人工指令，均經由查詢子系統予以傳達生效，其操作方法可參考該子系統之相關文件。

基本上，本系統將所有動態群組之控制時段定為十五分鐘，此十五分鐘又劃分為三個時段，每個時段中的群組以五分鐘的時間進行時制的計算與更新，因此每一次所求得的時制均執行十五分鐘，而每個五分鐘則進行不同群組的時制計算與更新。由於本期計畫中只有三個群組，故每個時段均只執行一個群組。下表為各群組與其計算、執行時間之關係。

以下依時間的先後關係與資料之流程對本系統的軟體架構作一解說：

群組名	計 算 時 間	時制執行起始時間
中山路幹道	0~5 15~20 30~35 45~50	5 20 35 50
中山-民權路口	5~10 20~25 35~40 50~55	10 25 40 55
文化-民權路口	10~15 25~30 40~45 55~60	15 30 45 60

- 1.系統起始：讀取系統參數檔，以便決定一切執行中之參數，另外亦讀取飽合流量與偵測器的推估參數，並進行變數的初始化，待所有初始化動作完成後，等待由查詢子系統設定的開始執行指令後，再等待五分鐘的開始。
- 2.五分鐘開始，讀入相對應時間之各參數檔，並清除上一時段所產生的各項無用之資料，若此時為每小時的開始，要求並進行系統對時。

- 3.等待二十秒，以便接收偵測器資料，即上個五分鐘通過偵測器上的大、小、機車之流量、速率與佔有率。
- 4.判斷偵測器資料是否已經收到，並且檢查資料是否合理，儲存時間流量檔。
- 5.進行時間推估，利用步驟四所得各偵測器之流量數據，將小汽車與大汽車流量相加，以此車輛數經過預測，推估這個五分鐘的車輛數。利用此車輛數，加上前兩個五分鐘的流量，成為十五分鐘流量，再經過預測推估下個十五分鐘的車輛數。
- 6.進行空間推估，利用步驟五所得預估的偵測器十五分鐘流量，推算出所有本時段所需要的各臨近路段的小汽車當量值，並儲存入空間流量檔。此流量再除以各該臨近路段的飽和流量，即得飽和度 ( $V/S$ )。此時並寫入步驟八所要使用的套裝程式輸入檔，及送出動態流量顯示板的燈號，以便顯示各偵測器上的飽和度、速度與佔有率的狀態。
- 7.讀取手動旗標檔，以便知悉是否有操作員所設定之手動控制動作。若有，則讀出其相應時制，或依其指令發出路口離線、上線之命令。
- 8.讀取ACS (Area Control Scheduling) 群組預約控制檔，讀取有關本時段的控制指令，若有定時 (TOD) 或特殊時制的指令，則讀取之。如果本時段的群組有受到手動旗標或 ACS的控制，則該群組就不再進行以下查表與計算的動作。
- 9.進行動態查表：利用步驟6.所得飽和度值，求得相對應的時制於時制表中之位置，並讀取時制。
- 10.進行動態計算：查看是否有足夠時間呼叫套裝程式運算時制；若

有，則利用步驟6.所產生的輸入檔，呼叫套裝程式。幹道系統使用改良式PASSER II 程式進行運算，獨立路口則使用SOAP84程式。運算完畢後讀出所求得之時制，並與查表所求得之時制相比較，取其較合理者使用之。

11.等待到四分三十秒，送出所求得之時制。送出後等待五秒，以便接受路口之回訊。

12.儲存歷史時制資料，以備查詢與研究分析用。

#### 4.2.2.4 交通感應式系統時制產生規劃

此交通感應式系統時制產生的規劃流程，如圖 4.4所示。本節將先介紹幹道系統時制計畫如何產生的規劃過程，隨後再介紹獨立路口的規劃過程。

有關感應式幹道系統之設計，當幹道路段擇定之後，即進行資料蒐集的工作，以便了解幹道上的流量變化型態及其組成，然後依據所得到的流量資料判定臨界路口（Critical Intersection）之地點，進而決定幹道上偵測器埋設的位置，此乃由於幹道上的車流具有連續性，若偵測器埋設位置選擇得宜，將可由偵測所得的有限資料，推估幹道上的一般車流型態及組成。當偵測器的埋設位置定案之後，接下來便是根據流量分析的結果，決定時制查表的方法。在幹道系統中，係以幹道中重要之臨界路口有關之週期、時比、時差等參數的組成，作為查表的準則，而後，亦依循此準則，利用改良式PASSER II - 84套裝軟體來建立各組時制。

至於感應式獨立路口時制資料庫之建立，是以裝設偵測器之交岔路口的實際交通流量為基礎。首先將各路口可能發生的流量分佈情形

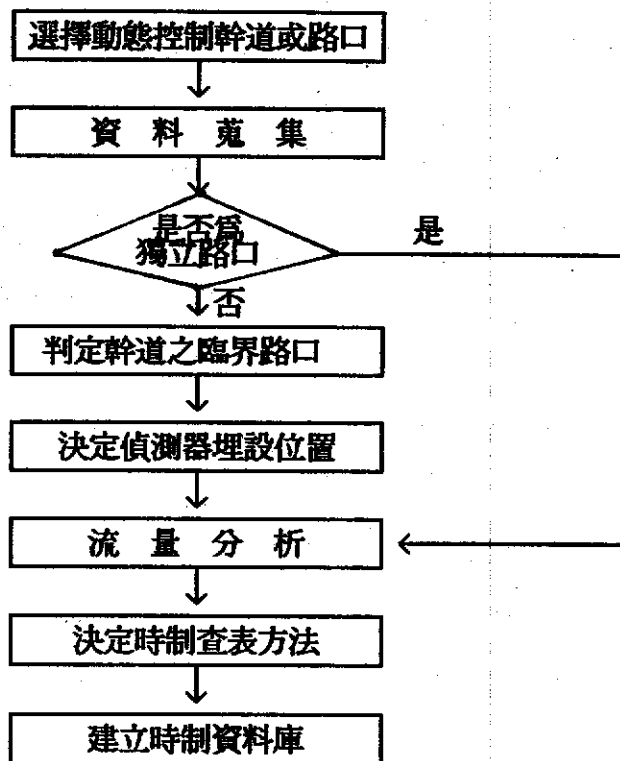


圖 4.4 交通感應式系統時制產生之規劃流程

加以界定，而後對該路口各流動方向的不同流量變化以組合的方式，透過獨立路口時制設計軟體—SOAP—84求解而得各流量變動組合下的時制計畫，最後將此些不同流量下所對應的時制計畫加以儲存，以建立完整的資料庫，俾供各獨立路口動態產生時制之用。

#### 4.2.2.5 動態交通查詢編修系統作業設計

查詢編修系統主要分成三個子系統：

- (1) 圖形顯示子系統。
- (2) 表格查詢子系統。



(3)資訊編修子系統。

並提供下列幾項功能：

(1)歷史資料查詢顯示。

(2)即時資料查詢顯示。

(3)資訊編修。

(4)控制運算電腦之啓動與開關。

一．圖形顯示子系統

本子系統分爲幹道群組及獨立路口兩大類，利用選擇方式顯示道路幾何圖形及即時路況資料。

(1)幹道群組部分：

A.幹道群組圖

該圖顯示中山路幹道上七個路口之圖形。圖內包括：

(a)即時燈態變化。

(b)時差秒數。

(c)各路口偵測器所測得之路段、飽合度、佔有率及速度。

B.時空圖

該圖顯示中山路幹道群組之時空圖如圖4.5，及表4.1，其具有下列幾點特色：

(a)道路寬度係依相對比例繪出。

(b)依各路段續進速度之差異，其時空圖呈現一折線圖形。

(c)可顯示任意時相之變化。

(d)無論週期如何變化，均可顯示整條幹道之完整續進圖形。

C.路口狀況圖

該圖顯示幹道群組中單一路口之圖形，其包括：

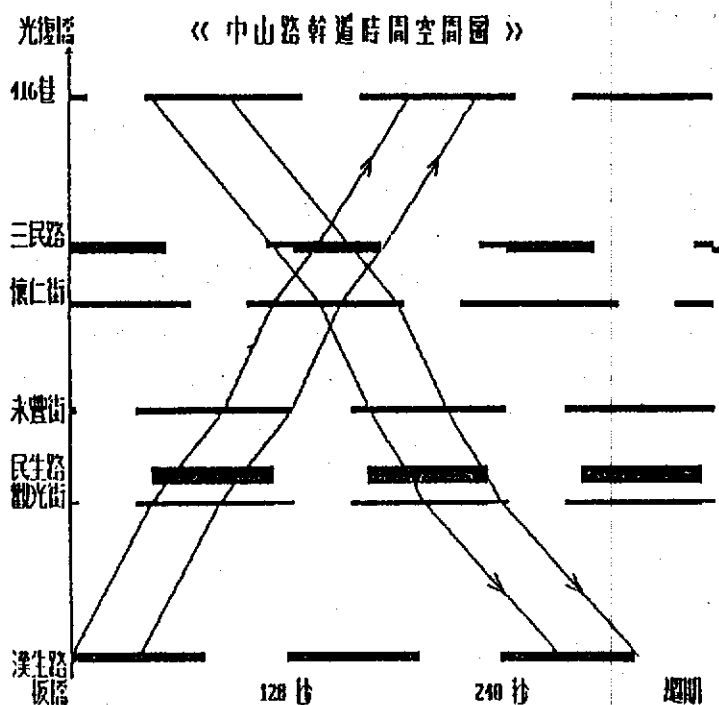


圖 4.5 中山路幹道時間空間圖

表 4.1 中山路幹道時制計畫表

板橋市 中山路幹道 時制計畫表  
資料時間：6月13日 星期二 12:00 - 12:15

週期: 120秒 黃燈: 3秒 有效度: 34% A向帶寬: 30秒 A向速度: 17KPH  
B向帶寬: 44秒 B向速度: 17KPH

支道 路名	時相種類	前置時間		綠一	綠二	綠三	綠四	全紅		時差
		A向	B向					幹	支	
漢生路	普通二時相	0	33	72	30	0	0	2	2	0
觀光街	早開二時相	9	41	0	74	11	20	1	0	37
民生路	普通二時相	12	23	65	43	0	0	4	2	46
永豐街	普通二時相	49	10	04	27	0	0	1	2	37
懷仁街	普通二時相	15	41	06	25	0	0	1	2	99
三民路	早開二時相	20	4	15	47	47	0	2	3	110
416巷	普通二時相	20	3	05	25	0	0	2	2	43

(a)即時燈態變化。

(b)各路口設備故障訊息，包括燈泡、矽控器、保險絲、系統及偵測器故障等訊息。

(c)箱門打開及操控狀態訊息。

(d)時制相關資料包括：時制產生型態、路口時相種類、績效指標值、週期、黃燈時間、各時相之綠燈及紅燈時間。

(e)有偵測器之路口狀況顯示，包括通過流量、飽和度、佔有率及速度。

(f)無偵測器之路口推估資料，包括推估流量及飽和度。

## (2)獨立路口部分

路口狀況圖：同幹道群組之路口狀況圖。

## 二．表格查詢子系統

本子系統分為幹道群組及獨立路口兩大類，利用選擇方式顯示歷史及即時路況資料。

### (1)幹道群組部分：

#### A.排名表

此乃由中山路幹道上七個路口之幹道群組及民權路與中山路相交之獨立路口所組成之可即時顯示其飽和度的排名表。

#### B.流量時制對照表

此為顯示五週內某特定時間於中山路幹道群組各路口各方向之流量與相關時制資料。

#### C.飽和度表

此表顯示五週內某特定時間於中山路幹道群組之飽和度。

#### D.佔有率表

該表乃五週內某特定時間於中山路幹道群組中，各偵測器埋設路段之佔有率。

#### E. 平均速度表

乃五週內某特定時間在中山路幹道群組路口中，埋設偵測器路段上之平均速度。

#### F. 路口偵測器資料表

此乃五週內某特定時間於中山路幹道群組中之單一路口、單一方向上所埋設之單一偵測器所顯示的相關資料，其包括：

- (a) 大車流量、速度。
- (b) 小車流量、速度。
- (c) 機車流量、速度。
- (d) 佔有率。

其偵測器資料之顯示，可分成兩種表格：

- (a) 顯示不同天、同一時段之資料。
- (b) 顯示同一天、不同時段之資料。

#### (2) 獨立路口部分：

##### A. 流量時制對照表

此表顯示五週內某特定時間於獨立路口各方向之流量與相關時制資料，其可分成兩種表格：

- (a) 顯示不同天、同一時段之資料。
- (b) 顯示同一天、不同時段之資料。

##### B. 飽和度、佔有率、平均速度顯示表

該表顯示五週內某特定時間於獨立路口各方向之流量、飽和流量、飽和度、佔有率及平均速度之資料，其可分成兩種表

格：

(a)顯示不同天、同一時段之資料。

(b)顯示同一天、不同時段之資料。

### C.路口偵測器調查表

同幹道群組之路口偵測器資料表。

## 三. 資訊編修子系統

本子系統中，以幹道群組及獨立路口群組加以區分，可提供四種查詢編修之功能：

- (1)查詢、預設及修改未來一週之群組預約控制表(ACS)的設定情形。
  - (2)查詢及編修每一時段之預設時制（即TOD）。
  - (3)查詢及編修已設定之特殊時制。
  - (4)進入手動設定狀態，可設定下一時段所擬進行之手動 TOD、手動特殊時制、手動自設時制、離線、動態與恢復動態之設定。
- 上述功能均以近似全螢幕編修方式來進行。以下將依幹道群組及獨立路口群組分別針對各項查詢及編修功能作一介紹。

### A.幹道群組部分：

#### (a)查詢及編修群組預約控制表(ACS)

查詢及編修群組預約控制表 (ACS)之功能，主要是可預先設定個別群組未來一週內各個時段所擬執行之時制控制方式，例如執行 TOD或執行特殊時制或執行動態運算方式。

#### (b)查詢及編修TOD表

查詢及編修 TOD表之功能，可預先針對每一群組一天中每一15分鐘時段所設計之時制，加以查詢後重新修正之。

#### (c)查詢及編修特殊時制

此部分主要目的在於提供一良好的查詢及編修功能，以供使用者編修預先設定之各組特殊時制。

(d)手動設定狀態

在手動設定狀態中能夠提供使用者於下一時段中，臨時改變預先設定之時制控制方式，亦即有手動設定 TOD手動設定特殊時制手動輸入自行設定之時制設定離線動態恢復動態等功能。

B.獨立路口部分

(a)查詢及編修群組預約控制表(ACS)

其功能及表格同幹道群組之查詢及編修ACS表。

(b)查詢及編修TOD表

其功能同幹道群組之查詢及編修TOD表。

(c)查詢及編修特殊時制

其功能同幹道群組之查詢及編修特殊時制。

(d)手動設定狀態

其功能同幹道群組之手動設定狀態。

### 4.3 TRUSTS 系統簡介

TRUSTS電腦號誌系統(Traffic Responsive and Uniform Surveillance Timing System)，係根據過去經驗及衡量未來科技進步，決定採用微電腦組成的網路架構來控制整個系統，使用NOVELL網路，以分散式處理方式，可在任何一部工作電腦上，利用多工作業(Multitasking)進行本身作業系統或其他電腦作業之修正、發展、測試等，且不干擾正常工作之運行，目前已在臺中市及基隆市兩都會區實際運作

，其整個系統架構如圖 4.6 所示。

根據圖 4.6 系統架構，各部份之功能簡單介紹如下：

### 1. 資料庫 (File server)

作為資料傳送及儲存中心，供設定各電腦與資料庫資料讀寫區域及方向，各部份電腦能共享此資料檔案，便於管理及運用。

### 2. 主控電腦

為整個系統的核心，具備選擇動態交通軟體模式，處理偵測器傳

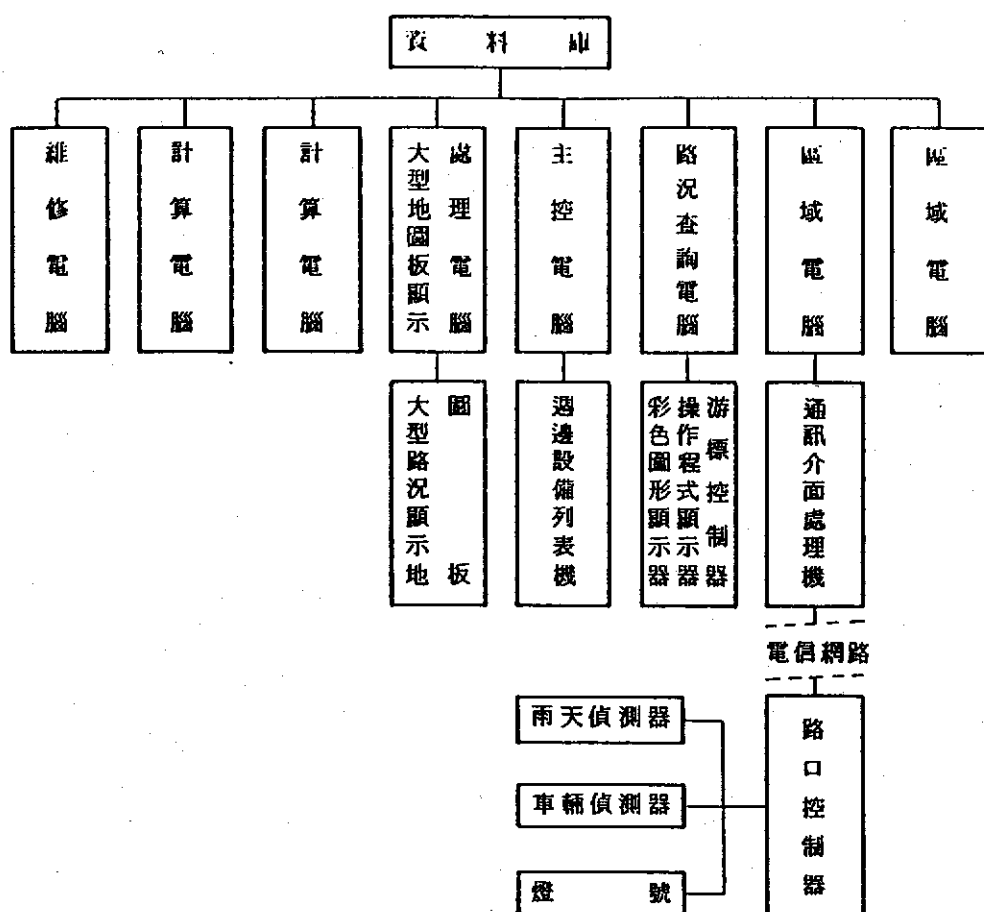


圖 4.6 TRUSTS 整體系統網路架構

回來的資料，查詢路口執行狀況，檔案報表管理，執行特殊時制計劃，如特勤路線、預約時制等數十項功能。

### 3.區域電腦

負責儲存與傳送路口控制收集的偵測資料，監測路口控制器執行狀況，及執行主控電腦選擇的程式。

### 4.地圖板顯示處理電腦

用來驅動引導地圖板以燈號指示全市道路狀況。

### 5.大型路況顯示地圖板

可顯示全市行政區域，道路分布圖，電腦號誌路口燈號變化狀況、路段與路段之間路段交通參數情形，及最擁擠十個路段之交通資料。

### 6.路況查詢電腦

將全市地圖以高解析度彩色繪圖，顯示全市地圖區域路況及所有路口燈號即時變化情形。

### 7.計算電腦

根據車輛偵測器所收集的動態資料決定採用動態計算、動態查表或固定時段方式，求出號誌時制計劃，並由中心送至路口控制器執行。

### 8.維修電腦

當其他電腦故障時，維修電腦可替代使用，使系統運作不致中斷。此外，亦可做為交通工程師離線分析交控軟體及執行專家系統輔助決策之用。

動態時制計劃的產生是由網路架構中計算電腦獨立完成，TRUSTS 交通控制軟體之整體架構如圖 4.7 所示，茲按流程圖中各步驟詳述於



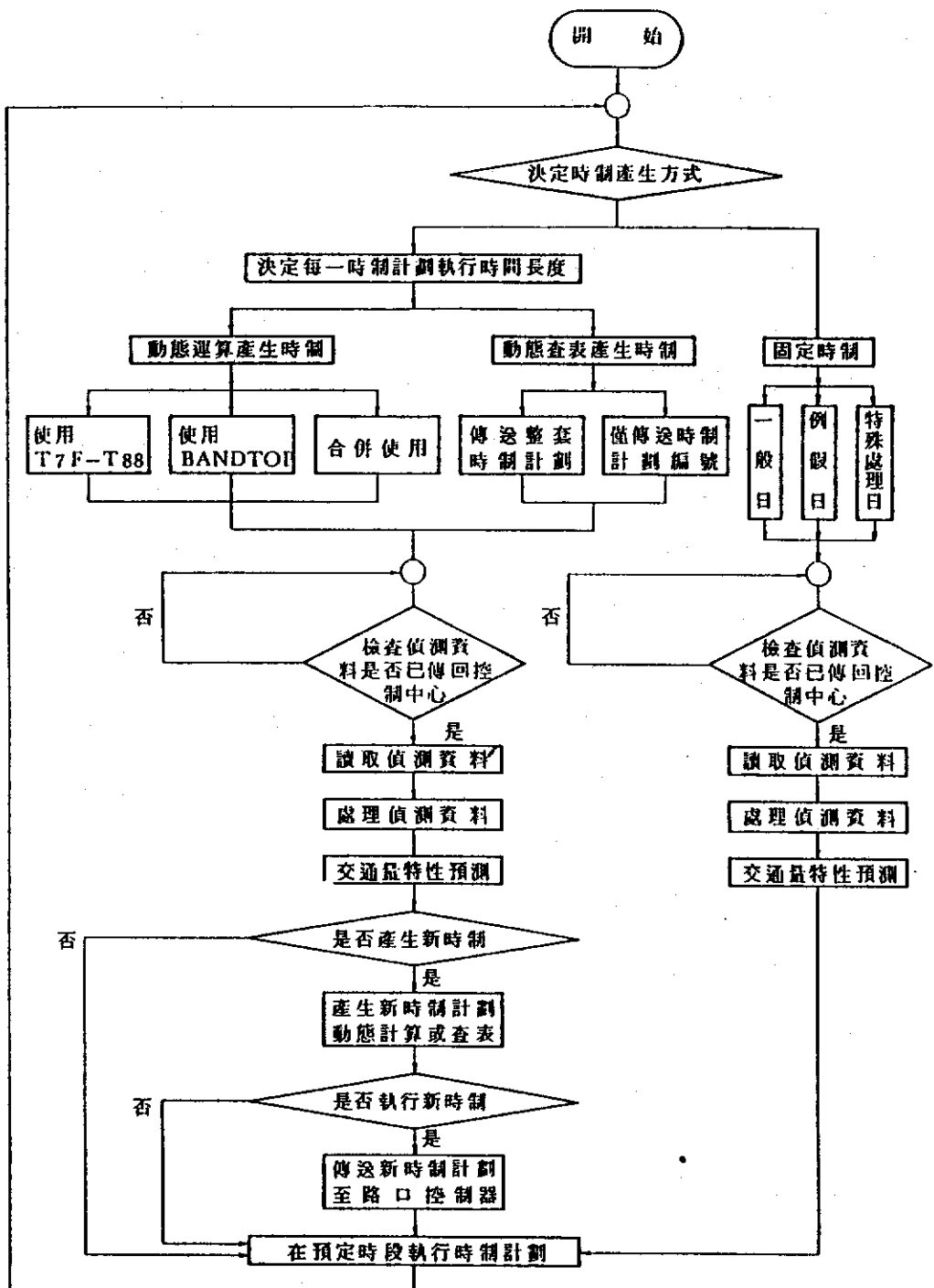


圖 4.7 交控軟體模式控制流程圖

下：

#### 1. 決定動態時距與控制策略

TRUSTS允許使用者自由設定時制計劃改變之時距(Time Interval)，例如為5分鐘、10分鐘、15分鐘或30分鐘等，使用者可由專家系統的運作當中得到適當的建議，並從主控電腦下達命令更改時距及時制產生的方式。

#### 2. 讀取偵測器傳回的資料

計算電腦不斷檢查主控電腦傳來的訊號，當時制變換的時間間隔已到，且偵測器資料已傳回控制中心，則計算電腦會先至資料庫讀取當期偵測的流量、速度及佔有率，以及進行流量預測時所需要的過去歷史平均資料等。

#### 3. 處理偵測器傳回的資料

依據現況資料判斷前期產生的時制計劃是否合適，並建議交通工程師修改時制計劃資料庫或修改計算參數。同時，將現況資料整理分析後，提供給大型地圖板用明顯燈號加以顯示，但部份的模組通常可獨立運作。

#### 4. 預測交通量特性

計算電腦以適合動態電腦號誌系統特性的預測模式，對時距間隔如5分鐘、10分鐘或15分鐘做交通量特性的預測，以便產生新時制計劃。

#### 5. 判斷是否產生新時制

若使用者選擇以動態方式產生時制計劃，計算電腦會先判斷是否需要改變現行時制計劃。

#### 6. 動態計算或動態查表產生新時制計劃

如使用者選擇動態計算，則計算電腦會透過與T7F-T88或BANDTOP程式之介面，自動以預測資料產生所需之資料輸入檔，經適當運算後，立即產生新時制計劃。如使用者選擇動態查表，則計算電腦會從時制計劃庫(Timing Plan Bank)或路口控制器預存的99套時制計劃中選擇一套適合當期流量的時制計劃。

#### 7. 判斷是否執行新時制計劃

完成上述步驟之後，必須再判斷新時制計劃是否合理，是否可接受，然後才能送到路口控制器去執行。

#### 8. 傳送新時制計劃至路口控制器

最後，計算電腦將時制計劃以通訊協定格式送至資料庫，群組電腦則會將整批資料透過通信解調器(Modem)立即送到路口控制器，等預定時段到達時，才開始執行新時制計劃。計算電腦完成上述工作後，一方面等待下一個時距，另一方面亦不斷檢查各參數是否有所改變，以便決定下個時制被執行的時間。當下個時距時間到達，計算電腦便開始重新執行設定之步驟。

### 4.4 結語

回顧數十年來電腦化都市交通控制系統之演進，不難發現以產生時制計畫為核心的交控軟體策略，係朝向下述方向在改進：

1. 由離線(Off-line)分析進展至連線(On-line)分析。
2. 由定時式(Fixed-time)控制，經過交通反應式(Traffic-responsive)控制，而推進至全動態控制式(Adaptive Control)。
3. 由預定時制式(Pretimed)歷經快速反應式，而進展至即時(Real-time)反應式。

- 4.由中央控制式(Centralized)改進至分散控制式(Decentralized)。
- 5.由單目標式(Single Goal)之績效函數(以延滯為主)改進至多目標式(即加入停等次數、等候線長度、耗油量與環境污染指標)。
- 6.由人爲手動控制式(Manual Control)進展至自動控制式(Automatic Control)。

至於未來擬議中的第四代交通控制系統則是以結合人工智慧與專家系統來提高其智慧性與判斷力，與其他都市資訊控制系統相整合以發揮其整體監控能力，將所產生的交通資訊經快速整理傳達給車輛駕駛人以建立所謂的「駕駛資訊系統」(Driving Information System)等數項方向來增強其功能與實施績效。

我國台灣地區地狹人稠，人口密度高居世界第二位，尤其高度都市化的結果，促使都市地區人口急劇增加，同時，先天不良的都市計畫，形成短促的街廓與狹窄的路幅，再加上近年來由於國民所得增加，自用汽、機車漫無節制地直線上昇，使得市區交通擁擠的問題日益惡化，以臺北市而言，目前的情況已經沒有尖峰與非尖峰之區別，隨時隨處皆有車滿爲患，行不得也之感，徒使一般民衆怨聲載道，苦不堪言。

爲今之計，適值國內各地風起雲湧地展開交通號誌系統現代化的熱潮，除前面提到的數個都市外，就連台灣地區最大的台北市與高雄市也於最近相繼開始不遺餘力地推動電腦化交通號誌之建設工作，其實，除了加強硬體設備的更新與擴充外，軟體交控策略之昇級更屬刻不容緩，須知交控時制產生之方法與技術才是電腦化交通號誌系統之靈魂和成敗關鍵所在，同時交控策略每向前推進一代，即可使號誌時制計畫更加適應即時的交通狀況，而大幅提高號誌之控制效率，進而

有效紓解交通擁擠情況；尤其經由前述分析可知，第三代之交控策略用於高流量道路，功效特別顯著；換言之，正好符合國內之都市交通特性。因此，國內運輸學術界應不以目前的成就為滿足，而應更加努力，針對國際上少數成功的系統實例加緊研究發展，俾能擷長補短，早日開發完成純國產最新型的第三代（甚至第四代）交控系統，而能有助於目前嚴重都市交通擁擠問題之改善，以發揮學以致用之重大使命。

## 第五章 車流模擬模式之構建

本研究所擬構建之車流模擬模式與SAST時制決策模式本身並無直接相關性，構建之目的在於能更精確分析SAST時制決策模式中車流推進的子模式(Submodel)，以便評估所作之時制決策正確與否。

### 5.1 基本資料蒐集與分析

#### 5.1.1 資料調查

爲了確保車流模擬模式能夠更真實的反應實際交通狀況，因此在模式構建之初必須將現況車流資料輸入分析，而模式驗證時，亦需將交通資料與模式輸出資料加以比較，以確定模式之正確性。

本研究所選定之分析路口爲台南市金華路與健康路之交叉路口，此路口之配置如圖5.1所示，其中金華路屬於無分隔一快一機車專用道之路型，而健康路爲具有中央分隔島之一快一機車專用道之路型，其詳細之幾何資料如表5.1、表5.2所示。而模式所需蒐集之資料項目計有下列數項：

- 1.調查地點幾何配置及交通控制方式
- 2.車輛產生率、交通組成
- 3.車輛進入系統之速率
- 4.車輛進入系統之位置
- 5.車輛期望速率
- 6.離開系統時之車輛轉向情形
- 7.車隊紓解方式

- 8.車輛停等延滯
- 9.路口車流運行軌跡
- 10.左轉車接受間距

由於所需調查之資料項目甚多，爲了節省人力以便於日後檢索起見，乃決定採取攝影方式，進行路段上游、下游、路段中與路口等四個地段的攝影調查工作。因爲微觀性車流模擬模式必須觀察車流之行進軌跡，故經過審慎分析後乃決定利用膠布黏貼於路面上，以便利室內作業來觀察模式構建時所需之資料。

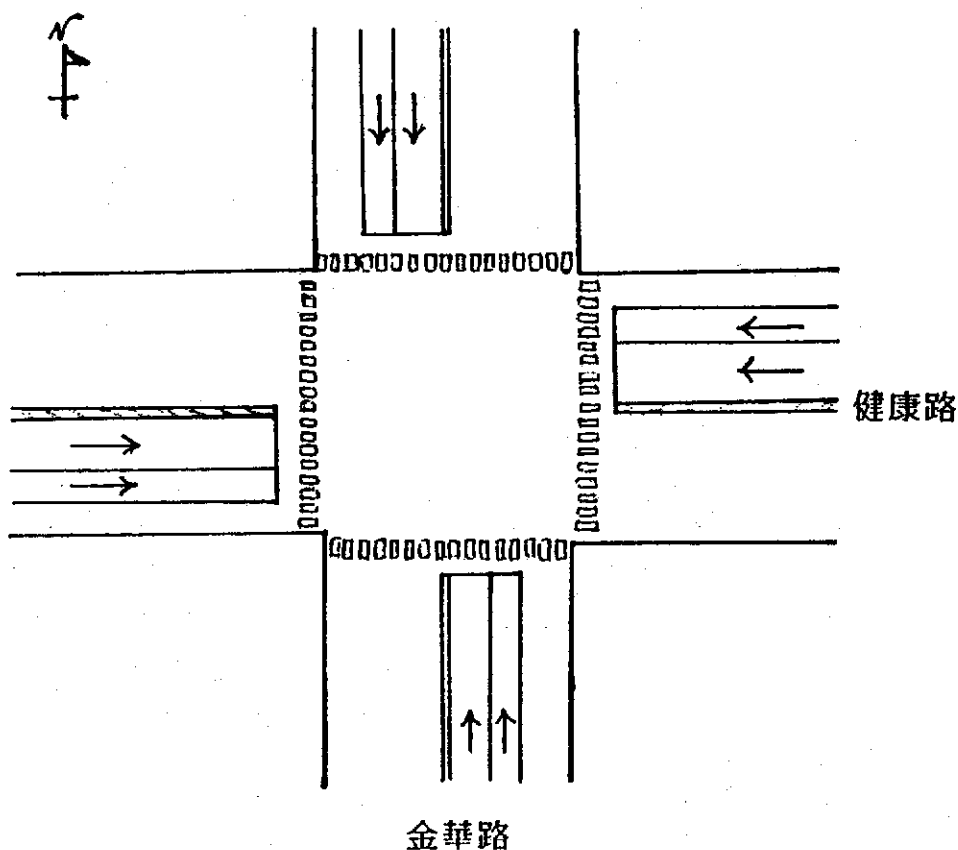


圖 5.1 金華－健康 路口圖

表5.1 路口幾何資料（金華－健康路口）

鄰近路段	行人穿越道寬 (m)	中央分隔島寬 (m)	快車道寬 (m)	機車道寬 (m)	道路外緣至 路緣至機車 (m)	停車位寬 (m)	停車位距路口長 (m)	偵測區距路口長 (m)	速 限 (km/h)	站牌至路口距 (m)
1	18	0.3	3.75	2.1	2.7	1.8	11.2	94.2	40	—
2	17.9	0.3	3.5	2.1	2.1	—	—	131.3	40	10.5
3	16.45	—	3	2.1	3.05	1.8	10.5	148.9	40	—
4	17.2	—	3.5	2.1	3	1.8	6.5	96.3	40	6.15

表5.2 金華－健康固定時制設定表

項 目		時			制		
拍攝 時段	臨近路段 時 制	金華臨近路段			健康臨近路段		
		綠	黃	全 紅	綠	黃	全 紅
11 月 26 日							
AM 6:00-7:00		25	3	2	25	3	2
7:00-10:00		55	3	2	55	3	2
10:00-16:00		25	3	2	25	3	2
PM 16:00-17:30		55	3	2	55	3	2
11 月 28 日							
PM 13:30-15:15		40	3	2	35	3	2
15:15-16:30		35	3	2	35	3	2
16:30-17:30		55	3	2	55	3	2



## 5.1.2 車流特性變數分析

### 5.1.2.1 車輛到達型態

一般用來分析車輛到達的方式，可以分成間程法與計數法兩種，在國內快車道上行駛之車輛有明顯的間程存在，因此，對於快車道車輛的處理，可採用間程法來加以分析。而經由統計套裝軟體檢定的結果，車輛到達率檢定符合GAMMA 分配，如表5.3 所示。

表5.3 車流到達型態檢定表

檢定項目	分析方式	樣本數 (個)	平均數 (秒)	變異數	自由度	卡方值	接受分配
綠燈時段汽車到達	間程法	142	3.71	5.54	5	10.99	GAMMA
紅燈時段汽車到達	間程法	51	5.99	28.90	4	9.94	GAMMA
綠燈時段機車到達	計數法	326	2.32	2.82	5	5.83	負二項
紅燈時段機車到達	計數法	176	0.82	1.18	2	4.63	負二項

在機車道上，車輛間並無明顯之間程存在，無法以間程法來分析，故採用計數法來分析機車道上的車輛到達情形，經由統計套裝軟體的檢定結果，車輛的到達率檢定符合負二項分配，如表5-3 所示。

### 5.1.2.2 車輛到達速率

對於車輛到達速率的檢定是針對上游路段所蒐集的資料，分析各型車輛推進每 8公尺間隔所須的時間，其統計結果符合常態分配，如表5.4所示。

### 5.1.2.3 交通組成

經由資料蒐集、分析後，其車種比率及轉向比如表5.5、表5.6所示。

表 5.4 車輛到達速率常態分配卡方檢定表

車 型	樣本數 (個)	平均數 (km/hr)	標準差	自由度	卡方值	接受否
機 車	225	9.647	9.911	10	16.628	是
小汽車	264	14.630	8.315	10	9.861	是
大汽車	119	10.239	5.787	6	5.700	是

表 5.5 汽車大小車比例

大小車比 方向	小 車	大 車
東	0.928	0.072
西	0.917	0.083
南	0.964	0.036
北	0.973	0.027

表 5.6 轉向比例

轉向比 方向	機 車			小 車			大 車		
	左 轉	直 行	右 轉	左 轉	直 行	右 轉	左 轉	直 行	右 轉
東	0.207	0.683	0.110	0.105	0.674	0.221	0.200	0.650	0.150
西	0.097	0.780	0.123	0.128	0.727	0.145	0.098	0.829	0.073
南	0.041	0.829	0.130	0.105	0.760	0.135	0.050	0.650	0.300
北	0.081	0.853	0.066	0.176	0.757	0.068	0.267	0.667	0.067

#### 5.1.2.4 期望速率

期望速率的分析，乃就非尖峰時段在路段中隨機抽取相鄰兩車間距夠大且不受前車干擾之車輛行進速率，按其車種從事統計檢定，結果皆符合常態分配。

#### 5.1.2.5 轉向接受間距分析

所謂間距 (Gap)係指同一方向之相繼兩輛車前車之車尾和後車之車頭經過同一參考點之時間間隔。

由於路口有衝突點存在，因此轉向車必須找尋適當的接受間距方可通過，就號誌化路口而言，左轉接受間距可分成兩種情況來計算（如圖5.2所示）：

- 1.不在中央分隔處停止，直接由幹道之內側車道左轉穿越對向車流，此接受間距的計算即自左轉車準備穿越之一剎那開始計時，至對向車流第一輛車到達其穿越軌跡處為止之時間間隔。
- 2.在中央分隔處停止，至少已拒絕掉一個間距或半間距後，才穿越對向車流。此時接受間距的計算，乃為左轉車判斷對向車流之間距允許其通過時，經接受間距所穿越之時間間隔。

對於轉向接受間距，並非每輛車皆是一次就通過，因此會有左轉拒絕間距的產生，而且為數不少，所以會產生間距個數不均衡的情形，使得臨界間距的求算有所困難，以下有幾種方法可加以調整。

- 1.對於欲穿越之車到達交叉路口，僅考慮第一個間距，不是接受就是拒絕。
- 2.將所有拒絕的個數依照比例遞減，使與接受之總數相同。
- 3.若是臨界間距之分配呈現常態分配時，則臨界間距平均數的不偏估計值，可從百分之五十接受之間距減去 $sQ$ 而得到，其中  $s$ 代表變異數， $Q$ 代表流量。

第一種情況，接受半間距Lag左轉  
(以機車為例)

第二種情況，接受間距Gap左轉  
(以機車為例)

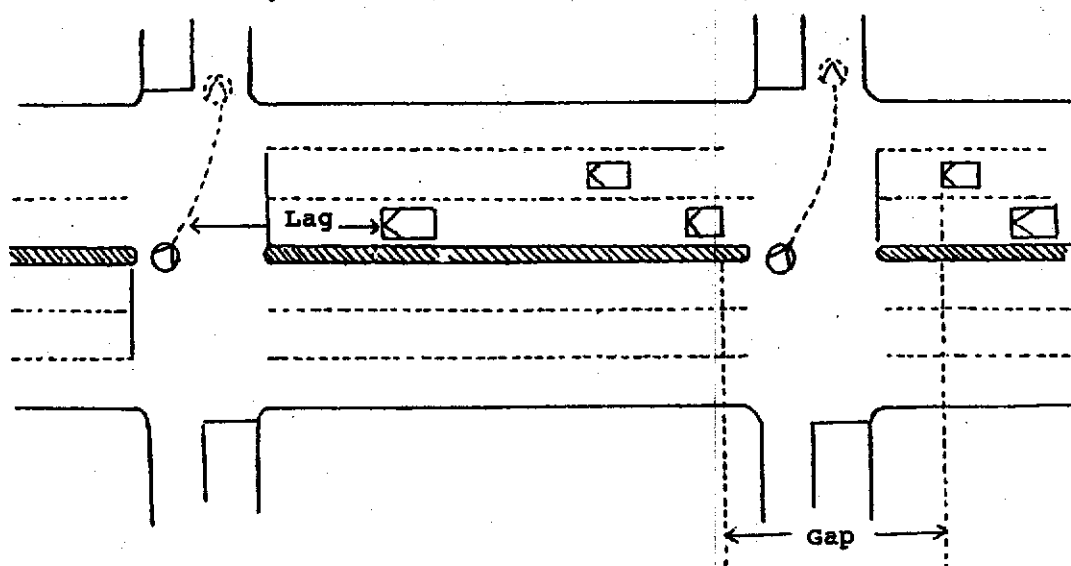


圖 5.2 號誌交叉路口，幹道左轉之接受間距圖

至於臨界間距，Ruff.M.S. 定義為：「比某間距值小之間距而被接受之個數與比該間距值大之間距被拒絕個數相等時，該間距稱為臨界間距」，如圖5.3所示。

將路口實地拍攝之車流資料，利用錄放影機連接電視加以播放，經詳細觀察，發覺影響左轉車接受間距的因素有：

- (1)左轉車到達路口的時間
- (2)對向車到達交叉路口之時間
- (3)左轉彎當時的號誌時段
- (4)車型

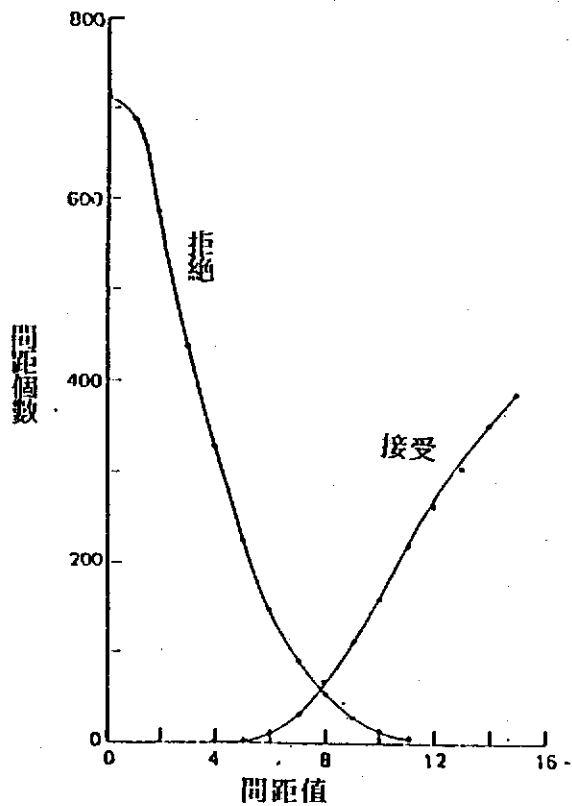


圖 5.3 交叉路口左轉接受與拒絕間距的分佈

- (5) 對向車的车速
- (6) 駕駛之性別與年齡
- (7) 雙向之車流量
- (8) 轉向百分比
- (9) 交叉路口之視線障礙
- (10) 行人流量

對於右轉接受間距來說，因為實際車流運行特性，會有提早轉入慢車道而右轉者，而且右轉車一般在轉向時，除非同向車有很嚴重的干擾，否則大多不考慮轉向間距就逕行右轉；根據調查的結果，發現

到右轉接受間距值會小於左轉接受間距值。

#### 5.1.2.6 車流行為分析

##### 一、整體現象分析

- 1.在紅燈時段，機車在路口形成等候線時，通常會有向前集中且往橫發展之趨勢，而且欲左轉之機車甚至駛至快車道的汽車之前，形成混流的危險景象；此外機車常不遵守交通規則，往往越過停止線擠成一團。至於汽車則屬單純的跟車行為，一輛接續一輛往後發展等候車隊，此外有些右轉車會提早進入慢車道等候轉向。
- 2.因為號誌燈擺設之位置不好而使駕駛人能夠看到其他方向號誌燈的變化，致足以提早起動，違規行駛。
- 3.強行左轉之違規車不少，容易阻礙車流的前進，使得路口車輛之紓解受阻，增加無謂的延滯。
- 4.機車伴隨汽車左轉之情形衆多，同時連續兩部左轉車一起轉向者十分常見。
- 5.行人權益未受尊重，險象環生情形歷歷可見。

##### 二、左轉車流分析

對於無左轉專用道及左轉專用時相的路口，左轉車要通過路口必須等候對向車流具有左轉可接受間距時，方可通過。

- 1.運行軌跡：透過所蒐集的左轉軌跡圖形，如圖 5.4所示，變化情形很多，而且路寬不同，軌跡所涵蓋之範圍會有所不同，此外亦有併行左轉以及違規左轉的情形發生。
- 2.停等位置：一般而言，皆是在路口中心線附近，而且左轉車皆略偏斜角，若有過多左轉車停等時，常會影響到同向直行車的紓解。

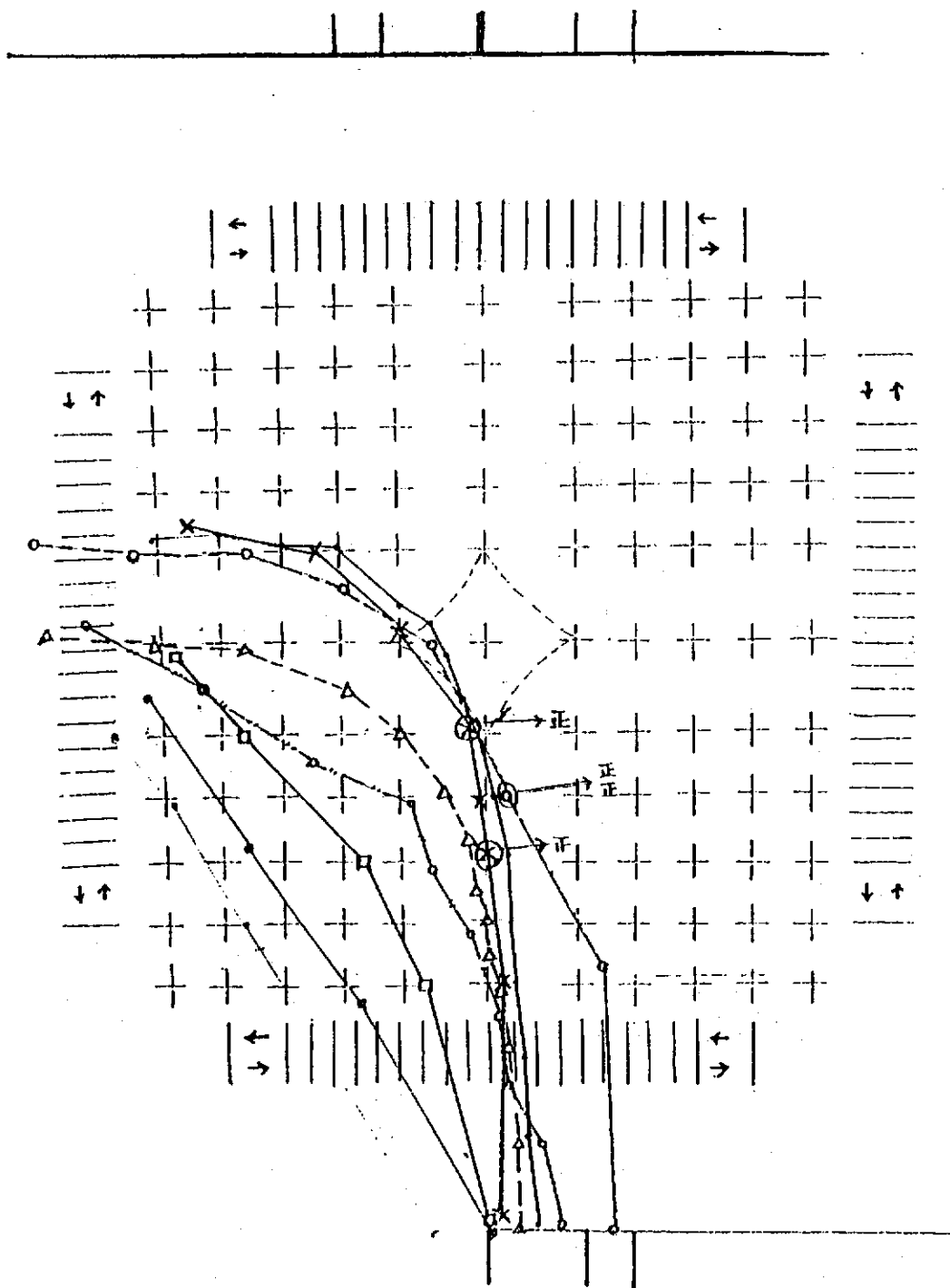


圖 5.4 左轉車軌跡圖

### 3. 號誌時段別左轉車通過分析：

- (a) 綠燈始亮時段：若第一輛車為左轉車，則常有提早起動強行左轉之情形，致影響到對向車流的正常紓解。
- (b) 飽和紓解時段：此時對向車流量甚大，左轉車通過不易，在實際車流觀察中，駕駛人會降低其左轉可接受間距，而強行左轉。此時容易影響對向車流的運行。
- (c) 非飽和紓解時段，對向車流量已降低，所以左轉車在適當的左轉接受間距出現時，就能完成左轉行為。
- (d) 黃燈、全紅時段：此時若有左轉車停駐在路口中心線附近，則會利用此時段完成左轉，一般稱之為「潛逃者」(Sneaker)。

4. 對向車掩護型態下的左轉行為：當對向車正巧是左轉車或右轉車時，此時間距無形中擴大，因此，左轉車在判斷後，會利用此空檔來完成左轉。

5. 左轉、右轉併入之優先順序：左轉車在選擇左轉接受間距後，運行至接近併入衝突點時，駕駛人仍會作加速或減速的抉擇，以避免發生危險。

6. 左轉接受間距：汽車駕駛人判斷是否接受左轉間距，大多係以快車道作為判斷依據，對於慢車道上的機車，除非成群而來，否則會忽略其存在，而逕行左轉。

7. 違規左轉車：在實際的車流運行中，左轉車常有強行左轉的情形發生，而影響對向車駕駛的安全。

### 三、直行車流分析

1. 運行軌跡：如圖 5.5 所示。

- (1) 未受干擾而受阻的情況下，常係近乎直線運行。



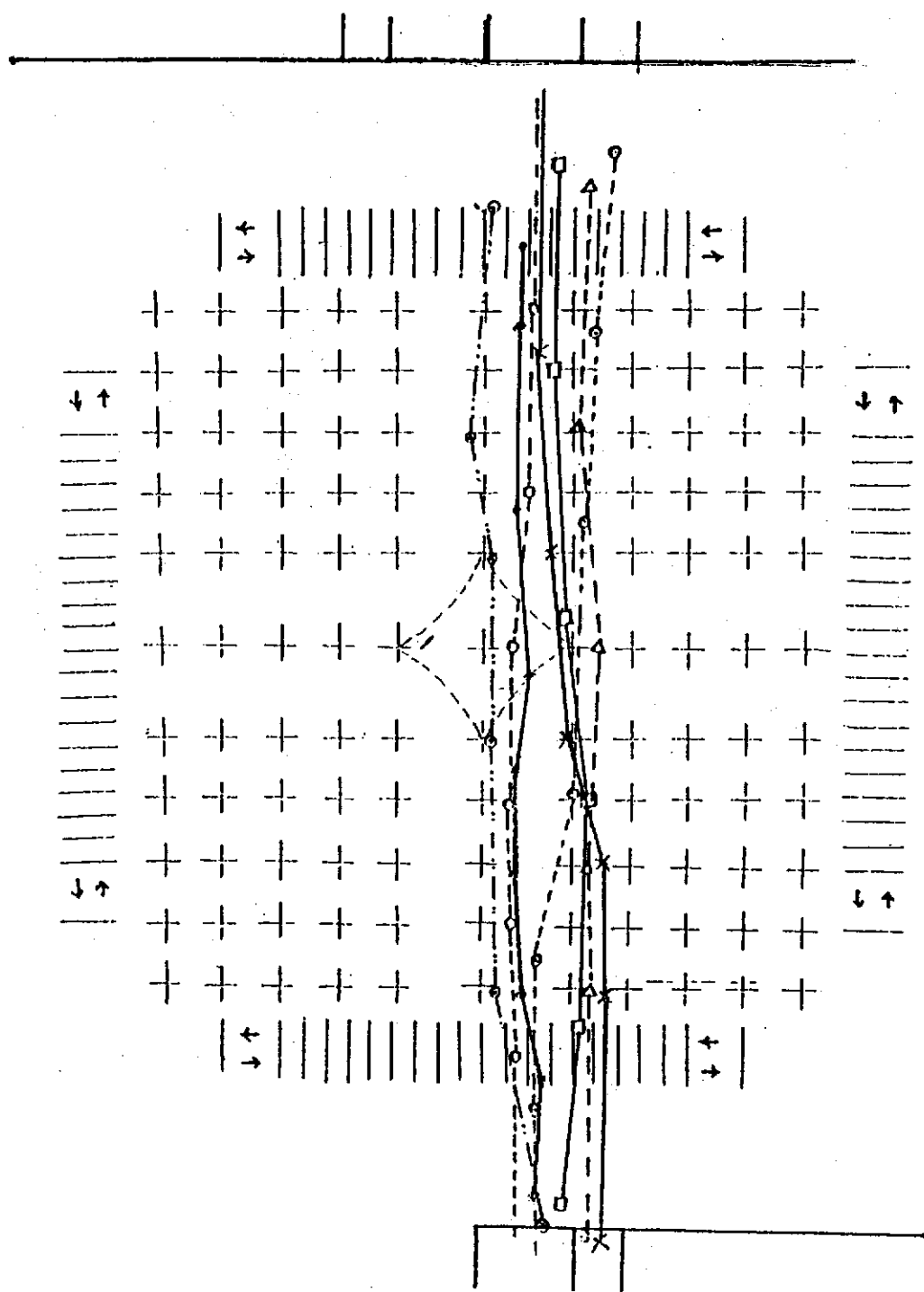


圖 5.5 直行車軌跡圖

(2) 若是受對向左轉車干擾，則會減速或停車。

(3) 若是受同一方向左轉車干擾，則會略偏角度繞過左轉車。

2. 直行違規車：有些車輛常有越線停車的現象，且在綠燈始亮之際，會提早起動。

#### 四、右轉車流分析

1. 運行軌跡：如圖 5.6 所示，可分成兩種情形

(1) 越過快車道停止線才右轉的車輛：根據實際車流觀察結果發現，右轉車大多是採逐步轉向式，易造成機車紓解時可能偏斜角度運行或減速停車。

(2) 先在路段距離路口若干範圍內，先行駛入機車道，再行右轉。

2. 行人衝突的考慮：由於右轉車有與行人產生衝突的危機，所以以往的研究曾提出「時間優勢」的觀念加以解決。

3. 違規情形：由實際車流觀察可發現違規右轉車以計程車居多。

#### 5.1.3 車輛基本特性分析

##### 5.1.3.1 車輛尺寸大小分析

綜合以往文獻將各種車輛尺寸整理於表 5.7。

##### 5.1.3.2 車輛加速率

依據美國運輸及交通工程師手冊上之資料，可知車輛正常加速率常與行駛速率成線性反比之關係。而黃國平君則將歷年有關車輛之加速率與速率之資料，利用迴歸分析得出如下之加速度值，做為車輛推進的最大加速度限制。

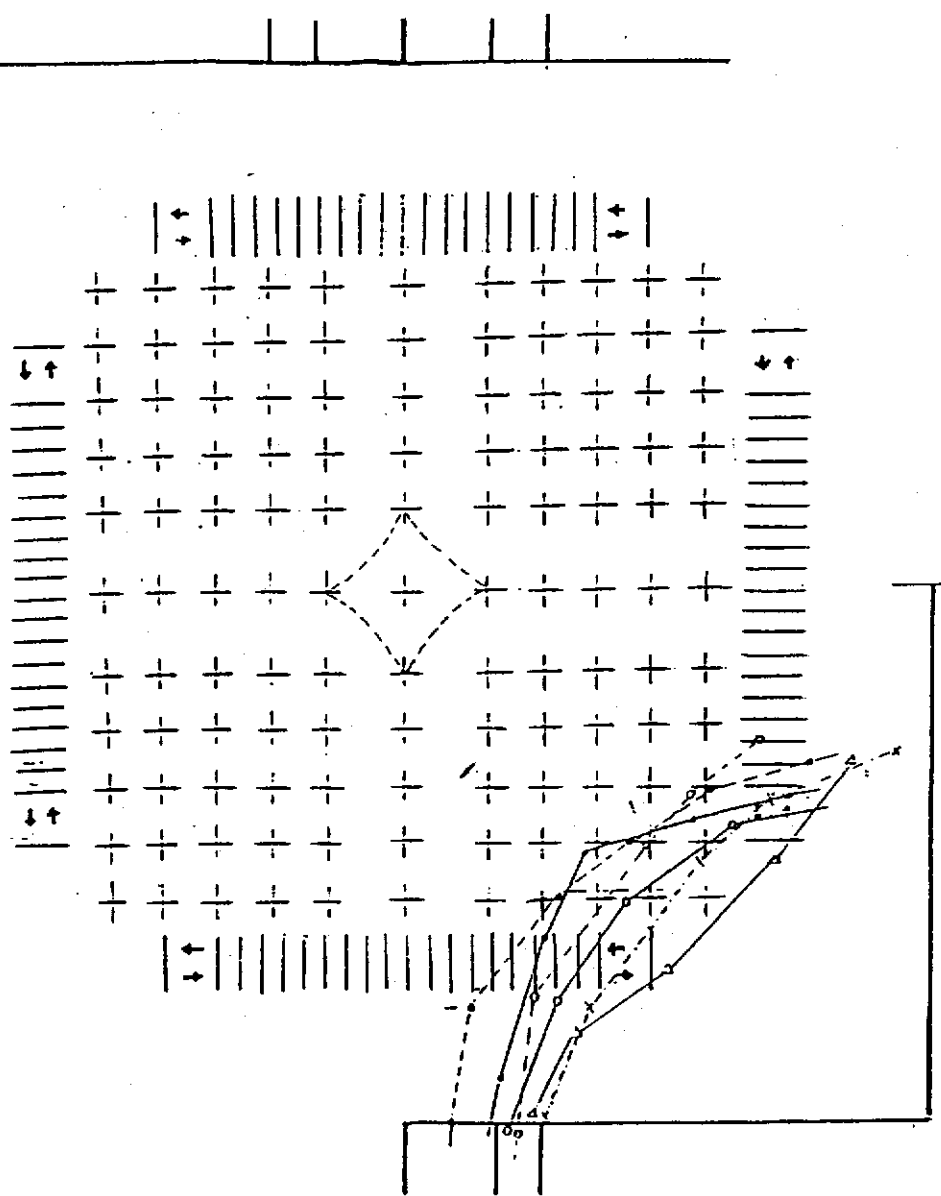


圖 5.6 右轉車軌跡圖

$$A_m = 3.3312 - 0.18608 \times V$$

$$R = 0.9885$$

$$A_s = 1.2853 - 0.06223 \times V$$

$$R = 0.98$$

$$A_b = 1.1513 - 0.05180 \times V$$

$$R = 0.98193$$

其中， $V$ ：車輛之速率 (m/sec)

$m$ ：機車

$s$ ：小型車

$b$ ：大型車

表 5.7 車輛尺寸表

車 種 \ 項 目	實體長 (m)	實體寬 (m)	停車間距 (m)	側向淨寬 (m)	靜態車長 (m)	靜態車寬 (m)
機 車	2.0 1.8 1.85	0.71 0.75	1.0 0.3	0.2	2.2	1.0
小汽車	4.5 4.0	1.55	1.5	0.5	5.5	2.0
大汽車	9.0 10.0	2.5	1.5 2.0	0.6	11.5	3.1
公 車	11.5 10.2	2.45	1.5	0.6	11.7	3.1

### 5.1.3.3 車輛減速率

車輛的減速率可分為：

1. 不用剎車而藉引擎作用，此與當時車速成正比。
2. 採用剎車時之減速率，又可分為最大減速能力與正常減速率，

如表 5.8 所示，在此為簡化起見，乃直接引用傅耀南君所整理之資料。

表 5.8 各類型車輛之正常及最大減速率

(m/sec<sup>2</sup>)

車 種	機 車	小型車	大型車
正常減速率 (m/sec <sup>2</sup> )	3.79	2.04	1.50
最大減速率 (m/sec <sup>2</sup> )	4.00	8.05	4.00

#### 5.1.3.4 車輛斜進偏向角

本模式在處理路口車輛轉彎行為及車輛斜進動作時，係引用偏向角的觀念。

所謂最大偏向角係指車輛於行進中，每單位時間內所能偏轉之最大角度，由於此類資料蒐集十分困難，因此通常係以等速圓周運動之切線角來取代  $\theta$ ，本模式在此仍引用傅耀南君所提出之車速與偏向角之關係式，至於模擬運作時，直接代入車速，即可求出偏向角。

$$\theta_m = 0.355038 - 0.01807 \times V$$

$$\theta_s = 0.361748 - 0.02925 \times V$$

其中， $\theta_m$ ：機車最大偏向角

$\theta_s$ ：汽車最大偏向角

## 5.2 車輛推進行為分析

### 5.2.1 路段中車輛行為之處理

國內學者對於路段中車輛行為的處理方式主要有跟車理論，及針對國內特有的混合車流特性所發展的二維座標車流模式等兩種。

#### 5.2.1.1 跟車理論處理車流推進方式

所謂「跟車理論 (Car Following Theory)」係假設前車和跟隨車在行駛過程中必須維持一最小之安全距離，以便在發生突發事件時，跟隨車能夠及時在前車之車尾後方安全地煞停。

此種推進方式主要是考慮四項限制：(1)間隔限制，(2)加速限制(3)停止限制，(4)轉彎限制等，然後再由此四項限制下所得之最小距離，作為車輛所能推進之距離。以下就此四項限制說明如下：

##### 1. 間隔限制 (Spacing Restriction):

所謂間隔限制係考慮流量大時，車輛加速將受前車影響的現象，使跟隨車能在前車因某種突發事件而緊急煞車時，亦能同時煞車，而不致發生兩車頭尾相撞，所須保持之安全間距下，跟隨車所能前進之最大距離。其安全間距可以下式來表示：

$$S = P + K_1 V_t + K_2 / 2D (V_t - V_t')^2 \times C$$

其中：

S：安全間距

P：前車有效車長，(即車輛實體尺寸+停止時之安全間距)。

$K_1$ ：後車駕駛者之反應時間。

$K_2$ ：常數，當採 MKS制時 $K_2$ 恰為 1m/sec

$V_t$  : 後車車速

$V_t'$  : 前車車速

$D$  : 後車之平均減速率

當  $V_{t-1} > V_{t-1}'$  (即後車車速 > 前車) 時,  $C=1$

$V_{t-1} \leq V_{t-1}'$  (即後車車速  $\leq$  前車) 時,  $C=0$

因此跟隨車在安全間隔限制下, 單位時間內所能前進的距離  $Z_s$ , 與  $(t-1)$  時刻, 前車及跟隨車兩者速率間的大小關係分析如下:

(1) 當  $V_{t-1} > V_{t-1}'$  時

$$Z_s = \frac{1}{2}V_{t-1} + \frac{1}{2}V_t' - \frac{1}{2}K_1\bar{D} - \bar{D}/4 + [\bar{D}^2/16 + K_1^2\bar{D}^2/4 + \bar{D}^2K_1/4 - \frac{1}{2}K_1\bar{D}V_t' - 1/4\bar{D}V_{t-1} - 1/4\bar{D}V_t' + \frac{1}{2}\bar{D}(X_t' - X_{t-1} - P)]^{1/2}$$

(2) 當  $V_{t-1} \leq V_{t-1}'$  時

$$Z_s = 1/(1+2K_1)(X_t' - X_{t-1} - P + KV_{t-1})$$

## 2. 加速限制 (Acceleration Restriction):

所謂加速限制係指車輛由於本身之加速能力限制, 於單位時間內, 該車所能前進之最大距離, 以  $Z_a$  表示為:

$$Z_a = \frac{1}{2}[V_{t-1} + (V_{t-1} + \bar{A})]$$

其中:

$\bar{A}$ : 在  $V_{t-1}$  速度下, 所能獲致之正常加速率值。

## 3. 停車限制:

當公車欲停靠車站或車輛於路口遇到紅燈或其他措施而必須減速時, 單位時間內所能行進之距離將受到限制, 以  $Z_d$  表示為:

$$Z_d = \frac{1}{2}V_{t-1} + 1/4\bar{D} + [\bar{D}^2/16 - 1/4\bar{D}V_{t-1} + \frac{1}{2}\bar{D}X]^{1/2}$$

其中：

$X$ ：表於  $(t-1)$  時刻，該車車頭位置距離停止點之距離。

#### 4. 轉彎限制：

車輛於路口轉彎時，常分二階段進行操作，第一階段先行減速行駛，（爲了避免離心力所造成的不舒適及傾覆的危險），第二階段則爲通過轉彎點再加速行駛，以  $Z_t$  來表示。

(1) 若 1 秒內車輛仍未通過轉彎點時：

$$Z_t = \frac{1}{2}V_{t-1}^2 - \bar{D}/4 + [-1/4\bar{D}V_{t-1} + \bar{D}^2/16 + 1/4V_t^2 + \frac{1}{2}\bar{D}X]^{1/2}$$

其中：

$X$ ：(t-1) 時刻車頭位置與轉彎點間的距離。

$Z_t$ ：單位時間內所行駛的距離。

$V_t$ ：車輛在轉彎點所容許的最大速率。

(2) 若 1 秒內車輛可通過轉彎點時：

$$Z_t = X + V_t T + \frac{1}{2}AT^2$$

其中， $T$ ：單位時間 (1 sec) 內通過轉彎點後仍剩餘之時間：

$$1-T = \frac{2X}{1/2(X_{t-1} + V_t)}$$

#### 5.2.1.2 二維座標車流模式

此模式的觀念最初是由周義華教授與陳天賜君爲因應混合車流中，常見的車輛參差不齊，或忽前忽後，或並列競駛的情形所提出的，



其基本假設為當機車以正常加速率前進時，在周圍環境及前面車輛排列情況之許可下儘量往前推進。而後黃國平君再加入動態車長的觀念來控制車間距離，以取代跟車理論的間隔限制，其後的研究者均引用動態車長與車寬的觀念再輔以直進限制，斜進限制，路寬限制與前進選擇邏輯，來表現車輛在二維座標系統中的推進現象。茲將其主要概念敘述如下：

### 1. 車輛動態尺寸

動態尺寸乃指車輛行進中，駕駛人所感受到的其他車輛之有效影響長度與寬度，也可視為車輛佔用道路之範圍。

二維座標車流模式係採用車輛行進時之動態車長來控制車間距離，而動態車長則是依據跟車理論中「跟隨車輛在行駛過程中常調整其速率，使其能與前車保持一安全間距，如下式所示：

$$PLL = PL(TYPE) + K \cdot V_t$$

其中，

PLL：前車之動態車長。

PL(TYPE)：前車之靜態車長，依車種(TYPE)而有所不同。

K：後車駕駛者的反應時間。

$V_t$ ：後車車速。

動態車寬為車輛行進時之安全車寬，根據魏健宏君的假設即指大型車在高速公路之車道(寬3.75m)而設計速率為33.3m/sec (120kph)時之動態車寬，而各車種之動態車寬如下式：

$$PWW = PW(TYPE) \cdot (1.0 + 0.2 \cdot V_t / 33.3)$$

其中，

PWW：本車之動態車寬。

PW(TYPE)：車種(TYPE)之靜態車寬。

$V_t$ ：本車之速率(m/sec)。

## 2. 決定最大可能的前進範圍及方向：

即在該時刻依其車速及加速性能在自由加速情況下，每單位時間可推進的最大距離為 $Z_m$ ，再根據各車種在當時的最大偏向角 $\theta_m$ 來決定單位時間內所能前進的最大範圍，如圖5.7所示，圖中斜線部分為車輛前進的最大可能範圍。然後再將此範圍分成 $n$ 條路線，依序考慮 $n$ 個路線的推進限制。

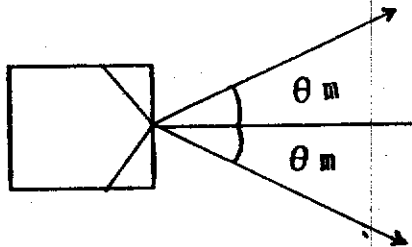


圖5.7 車輛最大可能前進範圍

## 3. 車輛推進限制：

(1)路寬限制：即控制車輛斜進時，動態車寬的右側不得超過路寬限制。

(2)前車限制：即在前方及側方之動態車長與車寬影響下，重新計算各方向之最大可推進長度。

## 4. 推進路線的選擇：

一般考慮的邏輯選擇如下：

(1)當車速與願望速率相差5m/sec以上。

(2)鄰方向之推進距離不小於直進方向時，則可由鄰方向沿 $x$ 軸可推進最大距離的方向推進。

### 5.2.2 車輛行為之處理

由於路口之運行軌跡難以量測，故或多或少會以某種程度的簡化方式來處理路口之車輛行進行為。茲將國內外各種處理方式分別簡單介紹於下：

#### 一．國外車流模擬模式：

(1) Kell, Gerlough, TEXAS等，以蒙地卡羅方式來處理左轉車輛。

(2) Lew's & Michael, Myozin, OSU 等以固定間隙(GAP)的方式來處理左轉車輛。

#### 二．國內車流模擬模式：

(1) 薛春明君：以固定軌跡與固定衝突點的方式來處理左轉車輛，且是以蒙地卡羅法考慮對車流間之間距足夠時，始可通過。

(2) 蔡嘉霖君：以左轉接受間距考量人車間之干擾直到無衝突時才可離開系統，至於直進車則只需找出其最遠可前進之位置直到混合區之尾端若仍無行人衝突，方能離開系統，而右轉車則一進入路口即往混合區之右側靠近，再考量行人衝突，直到可以穿過行人越道時方可離開系統。

(3) 吳國安君：係以左轉接受間距方式來處理左轉車離開系統之判斷依據。

(4) 黃國平君：提出可能衝突區，再配合右轉行進方式處理，即快車道應先進入混合車道後方能離開系統，另外提出左轉車虛擬車道的觀念以解決左轉車受阻於暫時停車區域。

(5) 魏健宏君：提出旋轉座標軸的方式，配合虛擬車道，以達成接受間距方式來處理左轉車，並提出時間優勢觀念，來解決右轉車與行人的衝突。

(6)傅耀南君：以虛擬車道方式，配合接受間距方法來處理左轉車，而右轉車則取得交叉路口之使用權，而駛離停止線後乃視為離開系統。

一般來說，對於交叉路口車輛左右轉皆以接受間距作為判斷準則，而由於運行軌跡難以量測，大多是以固定軌跡固定衝突點的方式處理，至於直行車則大多沿用路段推進行為，而行人衝突之考量，則礙於樣本之蒐集不易，一般可予忽略不計。

### 5.3 車流模擬模式的構建

#### 5.3.1 車流模式之基本假設

- 1.用路人方面：假設每個駕駛人之行為均遵守交通規則，且不因年齡、性別、教育程度、職業等之不同而有所差異。
- 2.車輛特性方面：將車輛分為機車、小汽車及大型車三種，並假設同一車型之加減速能力、尺寸大小與操作特性均相同。
- 3.道路型態方面：假設交叉路口為直角交叉、無路段坡度且無視線障礙。
- 4.管制措施：號誌為定時號誌，並假設路段上禁止迴轉及超越中央分向線行駛。

#### 5.3.2 系統座標訂定

基於路段上車輛之運行處理，皆以其個別的座標系統為準，然而當車輛運行至路口時，必需考慮對向車流的影響，因此當掃描對向車時，需要將對向車的座標作適度的轉換，以變成當時掃描方向的座標系統，如此方能從事路口運作準則判斷。至於四個方向座標系統圖，

如圖 5.8 所示。

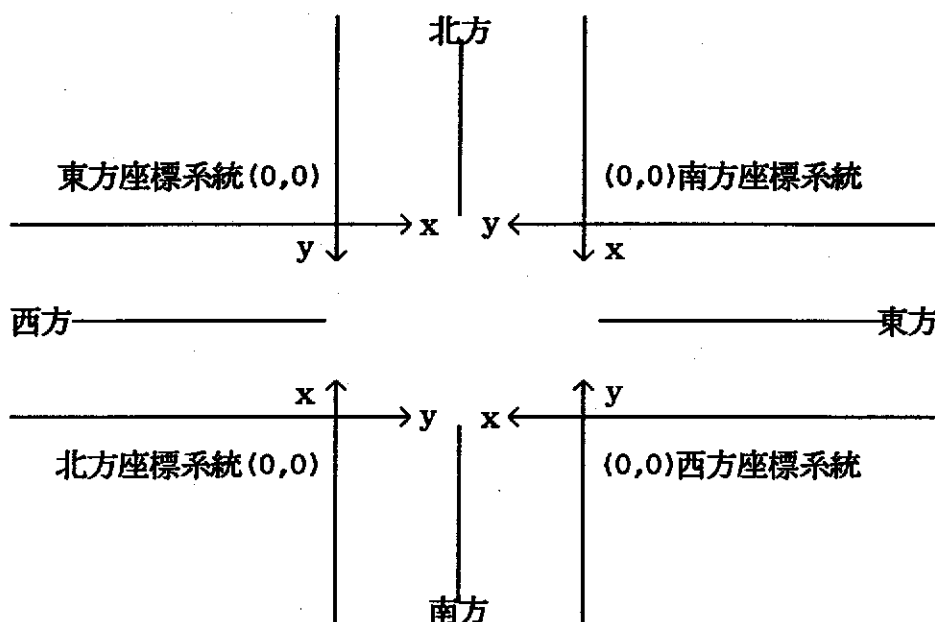


圖 5.8 模擬系統之座標圖

### 5.3.3 車輛串列之處理與掃描順序

本模式爲了使車流之運行能符合實際車流的連續運行型態，所以將每一個方向的快車道、機車道及路肩內車輛不分車道同時串接在一起，故四個方向共有四個串列。

有關車輛串列的準則，係以 X 軸座標爲依據，若 X 軸座標值越小，則排在愈前面，而若 X 座標相同，再比較車種，依序爲機車、小汽車、大型車，若車種又相同，則比較轉向，依序爲直行車、右轉車、左轉車，若以上皆相同時，則以 Y 軸決定其排序。

#### 5.3.4 車輛產生

本模式處理車輛產生包括三個子系統：(1)車輛到達(2)屬性資料(3)進入系統位置，茲說明如下：

##### 1. 車輛到達

由於考慮不同號誌時段的車輛產生型態可能有所不同，故本模式對於車輛的產生方式，在上游路口不同時段起始時，機車採間段函數計數法，而其他車種則採用連續函數間程法，依調查所得之分配來決定該時段內各車道上不同車種的到達時間，而後將該時段內車輛的產生依序存於暫存器內，然後逐秒進行車輛之推進時，即可得知各秒是否有車輛進入系統。

##### 2. 屬性資料

每部車在進入系統之前，首先須以系統設定的車輛屬性分配函數隨機產生屬性表格中各種屬性資料，包括車型、轉向、到達速率與願望速率等。

爲了簡化模式的處理，使得車輛推進時每一瞬間所需的各種車輛特性均能迅速獲得，因此對於每一部車的車輛屬性資料設定一個結構體來儲存，其內容如表5.9所示。

##### 3. 進入系統之位置

關於車輛進入系統時之座標位置，X座標均令其爲進入上游的起始位置，至於Y座標的決定方式如下：

(1) 快車道中的車輛由快車道中央進入。

(2) 機車道的進入位置：本模式將機車進入的位置分成路肩、機車道外側、機車道內側、快車道等四個區域，由調查知紅燈時段由車道轉入的機車則集中於機車道外側進入，而其他有關車輛進入系統之

位置分配情形，如表 5.10 所示。

表 5.9 車輛屬性表

x	車頭中心點 x 座標
y	車頭中心點 y 座標
a	剎車時之等減速度
as	到達速度
ds	期望速度
it	進入系統時間
detv	通過偵測器速度
dett	通過偵測器時間
type	車種 0:機車 1:小車 2:大車
turn	轉向
flag	黃燈、紅燈時段的加速度行為 0:加速通過指標 1:等減速度指標 2:剎車指標
no	車輛號碼

表 5.10 機車進入系統位置分配表

區域 時段	I	II	III	IV	總計
綠燈時段	26.3%	53.5%	19.1%	1.1%	100%
紅燈時段	35.1%	46.9%	16.5%	1.5%	100%
週 期	27.6%	52.5%	19.1%	1.2%	100%

I：路肩

II：機車道外側

III：機車道內側

IV：快車道

### 5.3.5 動態車長計算公式之改進

在二維座標車流模式中，車輛推進行為係藉後車速度所決定之動態車長限制下，儘量使車輛往前推進，然而此種推進方式在實際一秒一秒的掃描過程中係自前方車先分析，再往路段後方的車輛進行掃描，因後方車在推進前並無法預知其一秒末的實際推進速度，故其動態車長的求算公式只能以下式來表示：

$$PLL_t = P + K \times V_{t-1}$$

其中  $PLL_t$ ：前車  $t$  時刻之動態車長

$P$ ：前車靜態車長

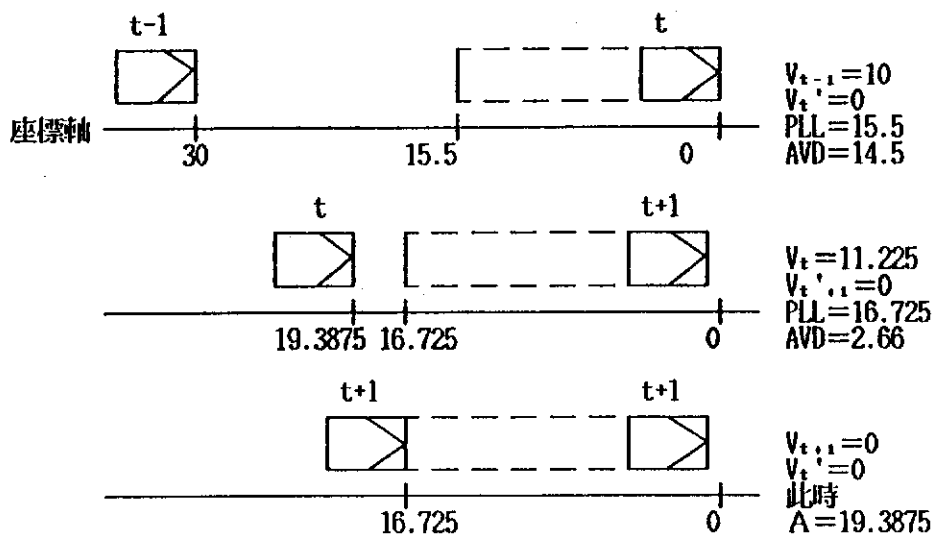
$K$ ：後車駕駛者之反應時間

$V_{t-1}$ ：後車  $t-1$  時刻之車速

但此種動態車長之求算方式，因其車輛之推進未曾考慮前車之速率，因此在綠燈時段有車輛自遠方加入未紓解之等候車隊後方時，依據傅耀南君之推進邏輯，在兩車之間距夠大的情況下，使後車得以在前車的動態車長限制下，能夠自由加速朝車隊後方接近，但當其接近前車時，若突然發現前車之動態車長範圍大於或等於兩車目前的車間距，而為嚴格遵守後車所前進的範圍最多只能達到前車動態車長的後方邊緣外，致使後車只得以超過其最大剎車能力的方式被迫突然停車，其情形如圖 5.9 所示。

爲了改善上述缺點，因此本模式乃依此概念修正動態車長公式，再以所推出之加速度值來決定動態車長的限制，茲以下例來加以說明：（如圖 5.10 所示）





其中  $V_{t'}$  : 前車  $t$  時刻速度

$V_t$  : 後車  $t$  時刻速度

PLL : 前車  $t$  時刻速度動態車長

AVD : 後車  $t-1$  時刻可推進的最大範圍

圖 5.9 傅耀南君之車輛推進過程



圖 5.10 車輛推進圖

假設 A 車在  $t$  時刻已前進至  $X_t'$  的位置，而 B 車在  $t-1$  時刻的速度與位置為  $V_{t-1}$ ， $X_{t-1}$ ，該兩車之間距為  $d$ ，而原動態車長的公式為：

$$PLL = P + KV_t \quad \dots\dots\dots (式 1)$$

而在動態車長的限制下，後車 1 秒內可推進的最大距離為：

$$d - PLL = 1/2(V_t + V_{t-1}) \quad \dots\dots\dots (式 2)$$

將式(1)代入式(2)得

$$d - (P + KV_t) = 1/2(V_t + V_{t-1}) \dots\dots\dots (式3)$$

又後車t時刻的速度為：

$$V_t = V_{t-1} + A_{PLL} \dots\dots\dots (式4)$$

式(4)中， $A_{PLL}$ 代表後車在動態車長限制下所能前進的最大速度，將式(4)代入式(3)中可得

$$A_{PLL} = (d - P - (K + 1) \times V_{t-1}) / (K + 0.5) \dots\dots (式5-6)$$

但此  $A_{PLL}$  必須受限於  $V_{t-1}$  時刻所能達到之最大加速度，因此後車之駕駛者在此一秒內的駕駛行動將表現在由此得出之動態加速度值上。

#### 5.3.6 車輛偏向前進的處理

本模式中假定轉向車在接近路口時，才會有明顯的左轉車靠左，、右轉車靠右的行為出現，對於路段上的行進，則仍然左、直、右三個方向皆要加以判斷。並且在運作時，也假定機車不駛入快車道，汽車不駛入機車道。此外對於機車偏向處理，首先考慮要偏離前方車的角度是否大於最大偏向角，若比最大偏向角還要大，則不考慮偏向，只能直進，若能偏向，而掃描左、右各移動一個動態車寬下，是否有偏向前車方的位置，比前方車的位置還要遠，最後在路寬、後方車干擾以及最大偏向角的限制下，決定是否要偏向運行。

#### 5.3.7 黃燈及紅燈時段車流行為之處理

路段上運行的車輛，當臨近路口時，會有面對綠燈轉成黃燈的情形，此時就必需判斷是否能通過路口，或是剎停在停止線前。因此，本模式對於黃燈第一秒的處理原則，係引用黃國平君的處理方式，即

於黃燈始亮之際，若是車輛距停止線不及14公尺者，就予以認定會通過，而在距停止線14公尺及34公尺之間的車輛，則根據是否能安全剎車原則下，決定是否通過路口。

此外，在黃燈及紅燈時段，對於車輛的加減速處理亦不容易，特別是機車在路段上常有輾轉前進的情形，更是不易處理。故本模式對於機車面臨到燈號變換時，所做的加減速行為決定，則需考慮前車的情況，亦即每秒所做的剎車減速度，必需根據朝目標點剎車所需的等減速率與受前方車影響下的減速率，兩者擇一較小者來進行減速行為。

### 5.3.8 路口車輛之處理

#### 1. 直行車輛之處理

當直行車進入路口時，可能會遇到對向左轉車通過之干擾，或是受到同向左轉車停駐或推進的影響，因此對路口直行車而言，其推進方式必須掃瞄對向是否有左轉車通過，進而決定可行的推進範圍，另外在推進時若前方有同向左轉車之干擾，則以偏向繞過左轉車的方式來通過。

#### 2. 左轉車輛之處理

「交通管理處罰條例」第48條中規定左轉車應該讓直行車先行，是以左轉車要通過路口必須掃瞄對向直行車離路口衝突點的時間，是否大於左轉可接受間距，如是，方能從事左轉動作，否則必須停駐在路口中心點前面地帶以待下次左轉間距接受時，然後方能沿左轉偏向角前進。當綠燈時間用盡時，則本時相內停駐在路口的左轉車仍可利用黃燈與全紅時段，迅速離開路口。

### 3. 右轉車輛之處理

對於右轉車的處理，仍以右轉接受間距作為判斷準則，若是直接由慢車道進入路口再右轉的車子，視為可逕行右轉，若是右轉車受到干擾而無法右轉則其直行推進的可行範圍，係以路口中心點減去快車道寬的距離為其上限。

## 5.3.9 模式之輸入與輸出資料

### 1. 輸入資料

本模式所需輸入之資料計有以下各項：

#### (1) 屬於道路幾何狀況資料

包括：研究路口之路段長、車道數、路段總寬度、中央分隔情形、快車道寬、慢車道寬、路肩寬、左轉專用彎長度、路邊停車位之長度及寬度等。

#### (2) 屬於車流特性之資料

包括：到達速率、車種比例、轉向比、車輛到達數之平均值與標準差等。

#### (3) 屬於交控措施之資料

包括：上游路口時制、主題路口之時制控制策略等。

### 2. 輸出資料

#### (1) 每秒鐘偵測器所得的資訊

包括：每輛車之車頭通過偵測器的時間、車種及車速資料。

#### (2) 各套時制下主題路口及各路段方向之績效指標值。

#### (3) 各時相之燈號變換情形。

#### (4) 由偵測器至路口停止線的平均行駛時間。

## 5.4 車流模擬模式之驗證

本研究就所構建之車流模擬模式進行驗證，以確信車流模擬模式的績效值能儘量符合實際車流運作的結果。經由實際調查及模擬結果，比較如表5.11至表5.14，其結果顯示模擬模式與實際調查之差異程度不大，尤其是大小車比例、轉向比、機車進入系統位置幾乎吻合，而對於績效之比起伏較大，因為對路段推進的影響因素來說，不可考量的因素很多，如路邊停車，無號誌化路口車輛的轉進轉出，及駕駛人本身操作特性上的變異，皆會影響其延滯績效的正確程度，總括來說，所構建之車流模擬模式誤差在可容許的範圍內，因此是可以應用到交控策略的比較分析上。

表5.11 車流模擬模式與實際調查之大小車比例比較值

方向	車種 模式	小 車			大 車		
		實際 調查	模擬 模式	誤差 (%)	實際 調查	模擬 模式	誤差 (%)
	東	0.928	0.926	-0.2	0.072	0.074	+0.2
	西	0.917	0.927	+1.0	0.083	0.073	-1.0
	南	0.964	0.967	+0.3	0.036	0.033	-0.3
	北	0.973	0.969	-0.4	0.027	0.031	+0.4

表5.12 車流模擬模式與實際調查之轉向比比例比較值

車種	模式 轉向比	實際調查			模擬模式			誤差 (%)		
		左轉	直行	右轉	左轉	直行	右轉	左轉	直行	右轉
機車	東	.207	.683	.110	.216	.692	.092	+0.9	+0.9	-1.8
	西	.097	.780	.123	.103	.773	.124	+0.6	-0.7	+0.1
	南	.041	.829	.130	.022	.859	.119	-1.9	+3.0	-1.1
	北	.081	.853	.066	.097	.835	.068	+1.6	-1.8	+0.2
小車	東	.105	.674	.221	.119	.679	.202	+1.4	+0.5	-1.9
	西	.128	.727	.145	.136	.744	.120	+0.8	+1.7	-2.5
	南	.105	.760	.135	.115	.769	.116	+1.0	+0.9	-1.9
	北	.176	.757	.068	.162	.771	.068	-1.4	+1.4	+0.0
大車	東	.200	.650	.150	.256	.564	.180	+5.6	-8.6	+3.0
	西	.098	.829	.073	.070	.884	.046	-2.8	+5.5	-2.7
	南	.050	.650	.300	.067	.567	.366	+1.7	-8.3	+6.6
	北	.267	.667	.067	.118	.882	.000	-15.	21.5	-6.7

表5.13 車流模擬模式與實際調查之機車  
進入系統位置分配表

區域	I	II	III
模式			
實際調查(%)	27.6	52.5	19.9
模擬模式(%)	29.2	52.3	18.5
誤差(%)	+ 1.6	- 0.2	- 1.4

I : 路肩

II : 機車道外側

III : 機車道內側

表 5.14 模擬模式輸出與路口實際調查之績效值

項目	車種 方向 模式	小 車			大 車		
		實際 調查	模擬 模式	誤差 (%)	實際 調查	模擬 模式	誤差 (%)
平均停車延滯	東	17.4	20.56	+18.16	12.88	15.13	+17.47
	西	21.5	21.17	- 1.53	14.09	14.33	+ 1.70
	南	37.1	26.65	-28.17	10.07	13.32	+32.27
	北	22.22	20.02	- 9.90	10.59	13.87	+30.97
停車百分比 (%)	東	69.29	64.90	- 6.33	50.38	49.73	- 1.29
	西	53.38	66.78	+25.16	46.53	47.45	+ 1.98
	南	78.22	80.50	+ 2.91	43.66	46.26	+ 5.96
	北	58.39	61.67	+ 5.62	43.29	45.78	+ 5.75

## 第六章 SAST時制決策模式之建立與模擬分析

有關SAST之理論架構，包括SAST之基本要件與SAST之時制決策過程在第三章已有詳細說明，本章首先就SAST時制決策邏輯進行檢討與分析，再結合前述路段車流模式於台南市金華－健康路口進行實驗室模擬分析，以使作為未來時證研究之主要參考依據。

### 6.1 SAST 時制決策模式之基本假設

本研究在進行模擬SAST控制策略之前，所作的基本假設有：

- 1.時制順序為標準二時相。
- 2.暫不考慮行人、公車與機車之干擾因素。
- 3.暫不考慮車輛停車及巷道轉進轉出之影響。
- 4.偵測器可準確的測得車輛數並能分辨車種。
- 5.黃燈時段訂為3秒。

另外亦將直接引用林豐博教授研究文獻中之以下幾點模擬結果：

- 1.事前資訊(advance information)不足的部分，並不加以預測。  
因為除非有極為準確的預測方法，否則預測誤差所帶來的不良影響，將會比僅依賴較短暫的事前資訊更為嚴重。
- 2.決策過程之小時階( $\Delta T$ )訂為2秒。選擇 $\Delta T$ 時應足夠地小以減少誤差，同時足供資料處理、號誌最佳化以及時制決策執行之用。
- 3.比較綠燈時間延長與否所考慮之方案次數 $N_{max}$ 訂為2。基於對不確定的未來資訊使用愈少愈好，以及花費較少的電腦時間，因此採用在進行延滯評估時只比較在  $T+\Delta T$  時結束現行綠燈時相與在



$T+2\Delta T$ 時中止綠燈時相等兩種方案的延滯值大小。

4. 以旅行延滯為績效之主要評估準則。林豐博博士也曾考慮過以停等作為績效評估準則，雖然在模式處理過程較為簡單，但尚未經過確實有效的模擬分析，因此SAST目前仍只考慮以延滯作為績效之評估準則。

## 6.2 SAST時制決策模式之模擬架構

SAST時制控制策略運作過程中，對於通過車輛偵測器的車子，係以預先獲致該路段上的平均旅行時間來推估，而對於等候車隊的紓解間距、起動延滯也是以預先得到的調查值來運作。但是每個路口的各臨近方向皆需做同樣的調查工作，必定耗費更多的人力、財力，因此若能構建描述車流實際現況的車流模擬模式，則透過模擬模式對於SAST所需資訊的模擬，就能獲致其參數值，而免除掉實際的調查工作，節省經費。而後將模擬出的平均旅行時間、紓解間距、起動延滯值直接引用至SAST模式的運作，進而獲致SAST時制控制策略在不同車流特性之運作績效。因此，為了於實驗室模擬SAST獨立運作的情形，基本上必需結合偵測器模擬及路段車流模擬模式，以便模擬控制器接收偵測器車輛到達資訊，及模擬路段車流推進，提供SAST決策分析，再將最佳時制送回車流模擬模式，其整體運作流程，如圖6.1所示。在圖6.1中，首先以事前收集資訊所配適之分配型態，應用亂數方法來產生車輛，再將此一車輛存放於電腦暫存區(Buffer Zone)，所存放之車輛屬性包括：車種、速度及車頭壓過偵測器之時間。而後再由車流模擬模式，每秒呼叫暫存區內車輛到達資訊及當時時制狀態，進行車流推進模擬，待到達 $\Delta t$ 秒決策時間時，再召用「時制計算器」副程式

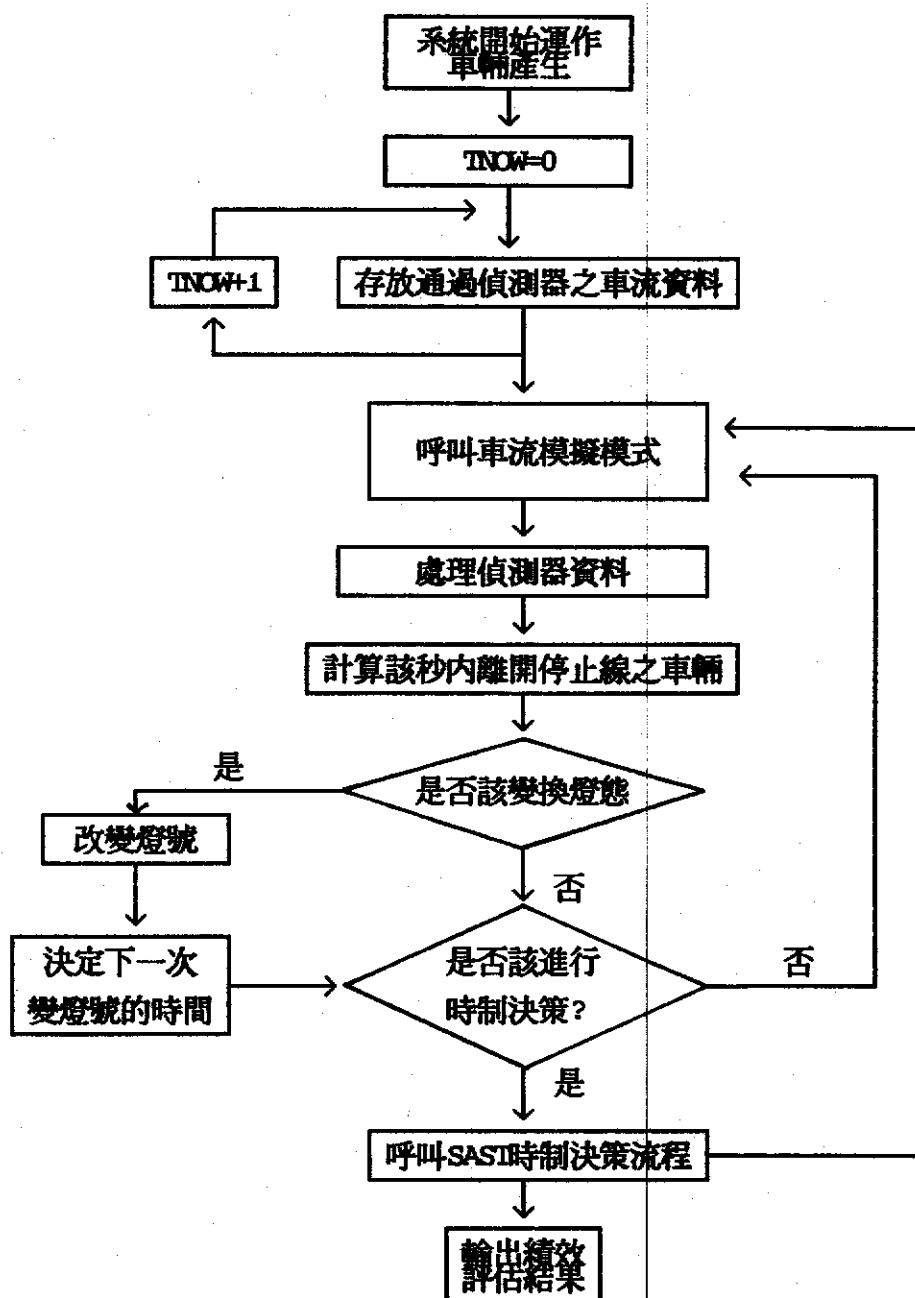


圖 6.1 SAST時制決策模式模擬流程

，進行SAST時制運算，運算後之時制再度提供給車流模擬模式分析車輛推進情形，因此，本研究所建立之SAST模擬架構，基本上乃是包含模擬偵測器，車流推進及SAST決策邏輯三大部份。

至於SAST時制決策邏輯，主要乃是依據林豐博教授所提出的控制架構加以設計，但是由於考慮未來應用於各種不同的路口狀況時，可能會有不同的參數特性，因此，本研究乃計劃由號誌控制工程師依據各路口的實際狀況來輸入以下的參數：

- 1.黃燈時間
- 2.全紅時間
- 3.臨界等候線長度
- 4.紓解間距
- 5.旅行時間

另外在時制決策程序中，第四個決策層次主要是分別計算時制延長或不延長一個小步階 ( $\Delta T$ ) 時，時間延滯之損益比較，其延滯之計算方法如下：

$$DELAY_i = (CA_{i-1} + CA_i - CD_{i-1} - CD_i) \times \Delta T / 2 \quad \dots\dots\dots (6-1)$$

其中  $CA_i$ ：小步階  $i$  末端的累積到達率

$CD_i$ ：小步階  $i$  末端的累積離開率

$\Delta T$ ：代表一個小步階

但由於實際構建SAST模式時，對時制績效（延滯值）之計算方式，因考慮到國內多車種偵測器所收到之車輛到達時間可準確至小數點以下一位，同時在一個小步階內有可能通過一部以上的機車，於是將計算方式修改成直接去計算每部車輛的個別延滯值，亦即每部車輛預期離開停止線的時間  $DT_i$ ，減去預期到達停止線的時間  $AT_i$  後之差，然

後再予加總而得整個評估時段內的所有車輛總延滯值，以決定是否應延長現有綠燈時相，其計算式如下所示：

$$D = \sum (DT_i - AT_i)_{\text{延長}} - \sum (DT_i - AT_i)_{\text{不延長}} \dots\dots\dots (6-2)$$

當延滯值D為正值，表示延長現有綠燈時相時，其延滯值較大，此時，則以不延長現有綠燈時相為佳。

### 6.3 SAST時制決策模式模擬與分析

對於SAST時制控制策略之模擬分析，主要針對台南市金華－健康的車流狀況下，就現有時制、SOAP-84之最佳時制、及 SAST之最佳時制三種情況，分別模擬出該路口的績效值，結果如表 6.1與表 6.2。就各方向之平均停等延滯來看，SAST 交控模式與SOAP-84 及現有時制比較下互有高低，其中東西向之績效SAST有比較差之趨勢，原因是東西向距上游號誌路口較短，故受其不連鎖號誌時制之影響較大，使績效無法顯現。而南北向績效SAST均顯著較佳，但就整個路口而言，SAST交控模式均較其他兩種時制之績效為佳。再就旅行延滯之比較，亦以SAST交控模式的結果較佳，但在機車方面，則互有差異。綜觀來說，SAST模式在現有流量下，應能具有較佳之績效。

表 6.1 SAST 交控模式與定時時制平均停等延滯比較表

單位：秒/車

車種	方向	模式	SAST 交控模式	SOAP-84 定時時制	現有時制	比 SOAP-84 績效改進 百分比(%)	比現有時制 績效改進 百分比(%)
汽車	東		21.37	20.98	20.56	- 1.80	- 1.80
	西		23.71	22.81	21.17	- 3.80	-10.70
	南		15.79	19.45	26.65	+23.20	+68.80
	北		11.51	13.02	20.02	+13.10	+73.90
平均停等延滯			72.38	76.26	87.67	+ 5.40	+21.10
機車	東		17.74	18.22	15.13	+ 2.70	-14.70
	西		16.47	17.25	14.33	+ 4.70	-12.90
	南		9.97	10.02	13.32	+ 0.01	+33.60
	北		9.65	10.62	13.87	+10.10	+43.70
平均停等延滯			53.83	56.11	56.65	+ 4.20	+ 5.20

表 6.2 SAST 交控模式與定時時制旅行延滯比較表

單位：秒/車

車種	方向	模式	SAST 交控模式	SOAP-84 定時時制	現有時制	比 SOAP-84 績效改進 百分比(%)	比現有時制 績效改進 百分比(%)
汽車	東		26.60	25.63	27.24	- 3.60	- 2.40
	西		29.05	30.49	29.05	- 4.90	0.00
	南		23.43	51.58	45.33	+12.01	+93.40
	北		15.56	23.01	30.20	+47.90	+94.10
旅行延滯			94.64	130.71	131.84	+38.10	+39.30
機車	東		18.75	19.81	16.75	+ 5.70	-10.70
	西		17.54	19.02	15.60	+11.90	-11.10
	南		10.58	10.22	14.75	- 3.40	+39.40
	北		10.38	11.07	15.48	+ 6.60	+49.10
旅行延滯			57.25	60.72	62.53	+ 9.20	+ 5.28

## 第七章 SAST模式實證分析與績效評估

雖然本研究中，將SAST時制決策模式及路段車流模擬模式加以整合後所進行之實驗室內模擬分析，已顯示SAST時制控制模式之整體績效確較由Soap-84所產生之定時時制及動態時制為佳。但是，於實際路口進行實證時，仍將面臨：

- (1)在無法改變現有路口設施條件下，路口停止線處並無偵測器提供正確之即時車輛紓解資料，以致SAST決策程序中，產生部分累積性之誤差。
- (2)由於路段轉進轉出車輛及公車影響因素，在模擬模式中並未加以考慮，致對於車輛等候線之推計產生誤差，而影響SAST本身之運作績效。
- (3)機車干擾因素並未列入車流模擬模式中，因此，一旦於實際路口運作時，可能產生一些無法預估之誤差，此亦將影響SAST之運作績效。
- (4)依據SAST理論對偵測器有一最佳之佈設位置，即離下游路口不可太遠，免得中間巷道的干擾無法掌握，但離下游路口亦不太近，而使先期資訊不夠長，而無法作最佳的決策，其建議最好能有25秒之先期資訊，由於本研究所選定之金華－健康路口偵測器埋設位置較短，故可能會影響到實證結果。

因此，本研究除了於實驗室中進行模擬分析外，亦進一步於台南市金華－健康路口進行實證分析，此一實證研究，將配合現有偵測器之埋設情形與現況車流特性，重新訂定及校估影響參數，並考慮硬體

架構之配合因素，使得此一 SAST 時制控制系統能真正於路口運作，並足與定時時制及動態時制之運作績效作一評估比較，如圖 7.1 所示。

## 7.1 SAST 實證架構之建立

由於將 SAST 應用於實際路口進行實證分析時，必需考慮該路口之現況設施及車流特性，因此，在實證工作中，必需包含各項交通參數之調查與校估，同時考慮硬體設施之配合事宜。

而本研究中，所建立之完整 SAST 實證架構，除了必需調查及校估原始 SAST 理論所包含之下列五項參數，即：

- (1) 最長綠燈時間
- (2) 最短綠燈時間
- (3) 黃燈時間與全紅時間
- (4) 臨界等候線長度
- (5) 路段旅行時間

亦因現況號誌設備中，並無停止線處偵測器所提供之即時車輛紓解資訊，因此，尚需調查及分析：

- (6) 綠燈時間車輛紓解間距
- (7) 清道時間車輛紓解率

以便彌補 SAST 理論中極為重要之車輛紓解資訊。另外，配合實證所須臨界等候線長度之訂定，亦需加以考慮。

- (8) 停車間距之調查與分析

至於實證時硬體架構之配合事宜，則包括決定路口控制器所必需傳送之資料項目與格式，並決定適當之電腦或處理器型式。

經由前述建立之 SAST 實證架構流程可以了解，實驗室之模擬工作

乃是實證工作之基礎，而各項調查及參數之訂定則是配合路口特性差異所進行之工作。至於硬體架構的規劃則係取決於時制分析邏輯與控制路口之數量。

本研究在確立了 SAST 之實證架構後，即可根據此一架構進行各項重要參數之調查與分析，進而將此一完整的 SAST 實證模式置於路口，進行績效之評估與比較工作。

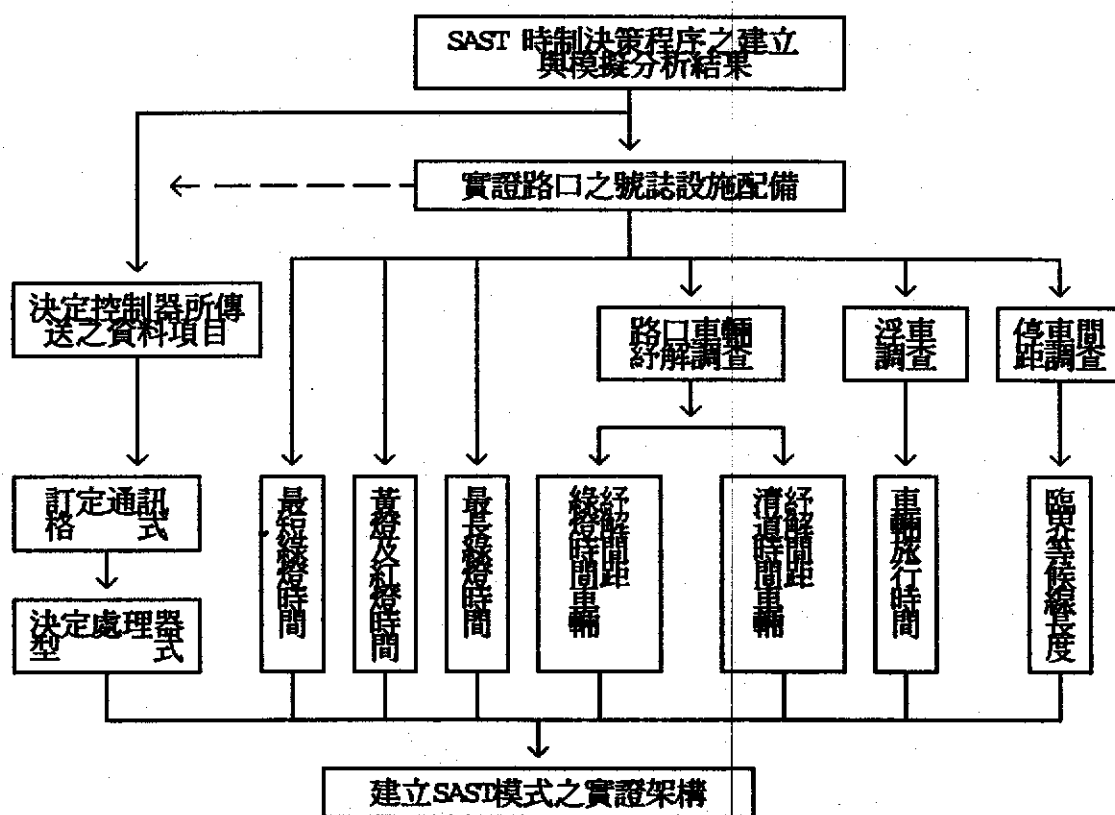


圖 7.1 SAST 交通參數資料調查示意圖



## 7.2 SAST之重要參數值設計分析

鑒於SAST係一套理論嚴謹、架構周全的適應性交控模式，雖未經實地驗證，然而其模式參數與係數均係經由模擬分析而得之最佳結果，是故理論上SAST仍可謂一套極具彈性的全動態交控策略，值得加以引進，惟對模式之實用性仍須針對國內的車流狀況與駕駛特性等因素，加以適當修正後方可使用。

本研究考慮到SAST模式必須應用於各種不同的路口狀況，因此乃依路口之實際狀況輸入適合的參數，以期減少模式可能產生的誤差，依上節所述，路口執行SAST模式所需輸入之參數包括：

1. 黃燈時間與全紅時間
2. 最短綠燈
3. 最長綠燈
4. 臨界等候線長度
5. 綠燈時間車輛紓解間距
6. 清道時間車輛紓解率
7. 停車間距
8. 路段旅行時間

上述前四項係跟據以往的研究成果而訂定，後四項則為實際至路口調查所獲得之結果。以下就金華、健康路口各種參數值之決定方式及分析結果詳細說明之。

1. 黃燈時間及全紅時間

黃燈時間加上全紅時間即為清道時間，在計算清道時間時，若欲避免Dilemma 區域，則其計算公式應為：

$$A = t + 1/2 \times v/a + (w+l)/v$$

A: 清道時間

t: 駕駛人反應時間，通常為1秒

v: 車輛行近交叉路口之速度(公尺/秒)

a: 車輛剎車時減速度，通常為5公尺/秒<sup>2</sup>

w: 車輛所穿越的交叉路口寬度

l: 車輛長度，一般使用5.5公尺

在黃燈時間方面，國內並無深入研究，因此，依照傳統所採行之數值，訂為3秒。

在金華－健康路口，其清道時間計算如下表7.1 所示：

表7.1 金華－健康路口各方向清道時間值

項目 方向	t (sec)	偵測器至路口 停止線距離 (m)	平均 旅行時間 (sec)	v (m/sec)	a (m/sec <sup>2</sup> )	w (m)	L (m)	A (m)
東	1	94.2	16.39	5.7	5	16.55	5.5	4.6→5
西	1	131.3	16.66	7.9	5	16.55	5.5	4.6→5
南	1	148.9	15.78	9.4	5	16.75	5.5	4.3→5
北	1	96.3	11.28	8.5	5	16.75	5.5	4.4→5

全紅時間即清道時間減去黃燈時間，由上表顯示各方向清道時間均為 5秒，而黃燈時間訂為3秒，故全紅時間四個方向均為2秒。

## 2. 最短綠燈

最短綠燈的設定，乃考慮行人穿越路口所需之最短時間，其計算公式如下：

$$G_{i,min} = D_i + W_i/V - A_i \geq 15$$

其中：

$i$ ：第  $i$  時相

$D_i$ ：行人起步延誤  $D \geq 5$  秒

$W_i$ ：行人穿越道長度

$V$ ：步行速率，一般採 1.2 公尺／秒

$A_i$ ：清道時間

在金華－健康路口，其四個方向的最短綠燈時間計算如下表 7.2：

表 7.2 金華－健康路口各方向最短綠燈值

項目 方向	D (sec)	W (m)	V (m/sec)	A (sec)	$G_{min}$ (sec)
東	5	16.55	1.2	5	13.8→15
西	5	16.55	1.2	5	13.8→15
南	5	16.75	1.2	5	14 →15
北	5	16.75	1.2	5	14 →15

根據上述計算結果各方向之最短綠燈值均不到 15 秒，但至路口從事實際測試時，由於車輛紓解率之誤差，發現若將最短綠燈值提高為 20 秒，可使時制決策之運作更有效率。

### 3. 最長綠燈

最長綠燈的設定乃是為了避免綠燈時間過長，而導致另一時相中之車隊停等時間太久，誤以為號誌故障而逕闖紅燈以致造成交通混亂，故對現行時相給予最長綠燈時間  $G_{max}$  之限制，此值僅當所有競爭時相的最大等候車隊長度均超過某特定值時才會用到，

其計算結果如表 7.3 所示：

表 7.3 金華－健康路口最大綠燈值

	偵測器至停止 線距離 (m)	車長 (m)	平均紓 解間距 (sec)	$G_{max}$ (sec)
E	94.2M	5.5	—	—
W	131.3M	5.5	2.0	47.8 $\approx$ 48
S	148.9M	5.5	2.0	54.1 $\approx$ 55
N	96.3M	5.5	—	—

註：靜態車長設為 5.5M

紓解間距設為 2.0sec

本研究最長綠燈的設定為將同一時相中最遠等候之車輛紓解完所需的時間，在金華－健康路口，由於最長等候線都會超過偵測器，因此，即以偵測器至停止線長度作為最長等候線，而平均紓解間距則訂為 2 秒。

#### 4. 臨界等候線長度

臨界等候線長度乃 SAST 四個決策準則之第 II 級決策所需之參數值，本研究在決議此參數時，依據下列原因而得到結論：

- (1) 若使用模擬的方法來決定臨界等候線長度，無論依陳建德君之論文所得出之長度為 2 輛，或依林豐博博士所得出之長度為 3 輛，均嫌太短，常常會使 SAST 執行到最長綠燈後，才換燈號。為了防止此現象一再發生，本研究決定將車輛等候線改以長度來計算。
- (2) 若要從嚴訂定臨界等候線長度，則臨界等候線長度應為相對時相兩個方向等候線長度之和。

(3)由於金華－健康路口，四個方向偵測器位置距路口停止線都不是很長，而偵測器以後之資料都無法獲得，因此臨界等候線就定為偵測器至停止線的長度。

(4)另考慮到各方向偵測器埋設位置均不相同，長的可至 150公尺左右，短的則僅90公尺左右，其間的差距頗大，若取較長者，可能會造成競爭時向車隊停等過久，為考慮駕駛人權益，本研究擬取短者，即東西向擇一最短偵測器至停止線長度為臨界等候線長度，其值為92.4公尺，南北向亦為如此，其值為96.3公尺。

以下參數，則為至金華－健康路口實際至現場調查所得之資料結果分析，計有：紓解間距、清道時間車輛的紓解率、停車間距與旅行時間等。其中有關紓解間距之調查係採攝影方式來蒐集，為了能涵蓋尖峰及非尖峰時段之資料，故選定拍攝地點，經與店家商妥借用時間後，決定拍攝時間為 AM 7:30～11:00，PM 2:30～6:30，於四個地點，分別拍攝金華－健康路口四個臨近路段之車流運行，為求日後進行室內調查作業之便，在拍攝時，須考慮到號誌變換是否清晰，停等車隊是否完全納入鏡頭內，如此方能增加資料之準確度；而停車間距及旅行時間則採現場實地調查方式。

#### 5.綠燈時間車輛紓解間距

此項調查係為了正確得知每一部車於綠燈始亮後離開停止線所需之時間，以供SAST模式從事時制決策之用。

##### (1)調查方式

a.將錄影帶的畫面以正常速度放映，再利用C 語言結合個人電腦，透過其內部時鐘的應用取代碼錶記時的方式。

b.一部電腦配置二名調查員，其中一人負責「按燈號變換鍵」及「轉向鍵」，另一人則負責當車輛通過停止線時按「車種鍵」。

c.若停等車隊中，首車越線(停止線)停車時，則於啓動前按「越線」標記以示說明，且在此週期內所有通過的車輛均暫以該首車前緣爲新的通過參考點。

d.本次所蒐集的樣本

以未受干擾下之快車道車輛爲對象，若車隊在通過路口停止線時，受轉向車干擾，則須加上「受干擾」的記號標明，以利日後資料之分析處理。

## (2)資料分析方法結果說明

由於車輛因操作特性、駕駛靈活程度有所不同，故大小車起動至紓解必然產生顯著的差異，而SAST模式又以微觀方式來觀測個別車輛，基於此些理由，本研究將資料依車序及車種方式來分析，即前車爲小車時，後車有小車與大車二種組合，同理前車爲大車時，亦有二種，總共有四種組合，依金華一健康路口四個方向剔除不合理的樣本，所蒐集的樣本數如下表：

方 向	總樣本數	車種分類樣本數			
		SS	SB	BS	BB
東	4419	3344	445	525	105
西	4421	3415	513	393	100
南	5805	5319	263	205	18
北	7446	6726	354	295	71

[註] S:表示小汽車

B:表示大汽車

由上表得知小車對小車的樣本數最多，而大車對大車的樣本數較少，尤其南方最少，主要原因爲南方大車出現的頻率本來就低，再加上連續二輛均爲大車的機率更少，其餘則均符合大樣本的原

則。

於資料處理時，因樣本間的差異性頗大，若以平均數方法統計，則極易受極端值之影響，倘以衆數方法來分析，則若次數分配無集中趨勢時，較缺乏代表性，而中位數處理則可同時避免極端值的影響，且次數分配不集中時亦可求之，故本研究於分析各車種及車序間之紓解時係以中位數統計法來求得，如表 7.4 所示。

由表中顯示第一部車的紓解間距均非常小，平均不到 2 秒鐘，尤其北方僅有 0.93 秒，而大車與小車的紓解間距並無明顯的差異，此顯示國人的駕駛行為大都第一部車有搶燈先行的習慣，而與國外所得的結果差距頗大。

理論上，當樣本夠大，各種組合的紓解間距應是一條平滑曲線，且隨車流通過紓解之時間遞減，但因時間及樣本出現頻率的影響，使得大車對大車的組合變異非常大，尤以北方差異幅度最大，但各方向其餘組合尚稱良好。

表 7.4 金華－健康路口各方向紓解間距 (sec)

方 向	東				西				南				北			
車序與車種	第 一 部				第 一 部				第 一 部				第 一 部			
	S		B		S		B		S		B		S		B	
	1.70		2.04		1.04		1.04		1.15		1.71		0.93		1.32	
	SS	SB	BS	BB	SS	SB	BS	BB	SS	SB	BS	BB	SS	SB	BS	BB
2	3.30	3.60	3.58	3.82	3.46	4.21	3.46	4.73	3.19	4.13	3.27	6.16	3.13	3.68	3.08	4.34
3	3.02	3.91	2.75	3.41	2.97	3.96	3.13	3.41	2.86	4.70	2.75	5.44	2.83	3.30	3.00	3.68
4	2.75	3.71	2.91	3.85	2.64	3.30	2.97	3.67	2.64	3.24	2.53	4.89	2.64	3.08	3.02	2.91
5	2.58	3.52	2.75	4.07	2.64	3.35	2.67	3.46	2.58	3.11	2.37	4.39	2.47	3.24	2.45	2.64
6	2.47	3.35	2.36	4.87	2.53	3.19	2.45	2.97	2.42	3.41	2.42	3.24	2.36	2.95	2.31	2.42
7	2.36	3.02	2.48	2.94	2.58	3.30	2.47	3.52	2.36	3.08	2.42	2.53	2.31	2.91	2.14	3.74
8	2.42	3.13	2.20	4.04	2.64	2.86	2.36	2.75	2.36	2.75	2.09	2.20	2.25	2.75	2.12	4.12
9	2.47	3.03	2.04	3.27	2.58	2.67	2.64	3.08	—	—	—	—	2.25	2.86	2.53	2.03
10	2.47	2.61	2.42	3.41	2.58	2.97	2.45	2.26	—	—	—	—	2.20	2.23	2.05	2.64

## 6. 清道時間車輛紓解率：

由於之國人駕駛習性，常在黃燈及全紅時段，仍有車輛繼續搶越行駛，故為使SAST能掌握停等車隊的資訊而能做成正確的決策，本研究乃增加此時段之紓解調查。

### a. 調查方式

I. 調查員一名，以快速早放錄影帶方式，記錄黃燈始亮後，所有通過路口之車輛數。

II. 記錄總周期數及其順序與該時段內所通過的車輛數。

### b. 調查結果分析

將所蒐集的資料，經整理分析，其結果參見表 7.5，顯示出清道時間再進入路口的車輛數，北方出現1 部的比例高達20%以上，另亦有 3部的情形發生，只是比例相當低。

表 7.5 (金華-健康)黃燈後5秒通過之車輛數及其百分比

方向	總樣本	出現次數				出現次數百分比(%)			
		0	1	2	3	0	1	2	3
東	386	318	59	9	0	82.38	15.29	2.33	—
西	341	315	25	1	0	92.38	7.33	0.29	—
南	557	457	80	19	1	82.05	14.36	3.41	0.18
北	343	232	84	24	3	67.64	24.49	7.00	0.87

## 7. 停車間距：

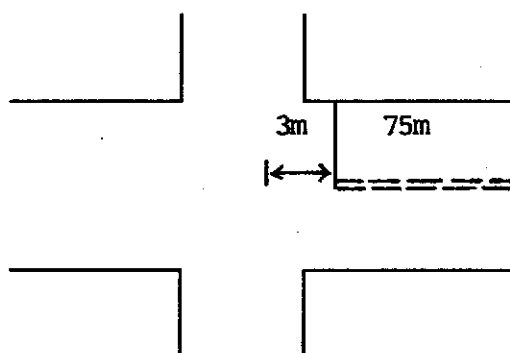
前已說明臨界等候線長度，本研究經討論後，乃以實際路口停止線至偵測器的長度為單位，而非以車輛數為單位，而因車種間的差異，所產生的間距亦有所不同，本調查乃反映實際車輛停等時



的間距，以使偵測器至停止線間之停等車輛數能確實加以掌握。

a. 調查方式

- I. 先在中央分隔島上，以20公分為單位，貼上明顯易見的膠帶；以停止線為基準，往路口方向貼 3公尺，往路段中方向貼75公尺，以供目測用，如下圖所示。



- II. 配置六名調查人員，於該方向紅燈時，計算每兩輛車之安全停車間距並記錄之。即第一人負責第一部與第二部車間的資料，同理其餘的人以此類推。記錄方式以「間距車種」來標示，車種判斷則以後車為主，如第一人觀測即以第二部車來判斷車種。
- III 另一人負責觀察第一部車是否越線停車，如有，則以「一間距車種」來標示其超越停止線長度。
- IV. 間距的計算方式，以前車的車尾至後車的車頭間之距離表示。

調查結果如表 7.6 所示，大車的樣本仍較小汽車為少，而第一部無論為大車或小車均有越線停車的現象，其餘組合其間距平均在150

公分至 200公分之間。

#### 8. 路段旅行時間

為得知由偵測器至路口停止線間車輛所需花費的時間，而 SAST 模式在進行時制決策時乃以最小延滯為評估準則，故本研究乃調查車輛在未受干擾下所需的旅行時間，以作為計算延滯的重要指標。

表 7.6 停車間距分析表

說 明	樣本數	間距平均值 (cm)
1.第一輛(小)	106	-23.9
2.第一輛(大)	29	-36.6
3.小→小	687	169.6
4.小→大	203	191
5.大→小	189	200.7
6.大→大	82	150.7

##### a. 調查方式

- I. 本調查係量測自路段中偵測器至路口停止線的旅行時間，而以浮車法 (Floating Car Method) 進行調查。
- II. 車上配置二名人員，即駕駛員與計時記錄員，記錄員配有碼錶一只，記錄調查路段之旅行時間。
- III. 為求得正常車輛的旅行時間，即車輛不受機車或前車轉向或其他異常因素的干擾，故非尖峰時所取得的樣本較多。

##### b. 結果分析

本調查經一週的密集取樣，所蒐集的各方向資料樣本數如下表所示：

時段 方向	AM 8:00~11:00	PM 2:30~6:30
東	137	160
西	124	143
南	165	103
北	312	247

由於旅行時間隨車流的多寡而有差異，故將調查的資料，依其各方向之變化趨勢劃分為數個時段，其結果列於表 7.7。

### 7.3 SAST實證調查工作

本研究將發展完成之SAST模式國內版雛型裝設於實際路口加以運作，為明瞭SAST的運作效率，乃將其與其他兩種控制策略即定時時制與動態查表時制等進行績效比較；調查工作分兩次進行，由於完稿時間倉促，以致第二次調查時間未能選在較想的隔週同一天，第一次選擇10月28日早上7:35~9:35實施動態查表式時制，接著9:45~11:45實施定時時制，第二次為隔週之11月1日早上同時段運作SAST時制，如此可分別比較SAST與其他二種控制策略間之績效差異，調查內容計有車輛延滯、車輛停等及最長等候車隊等，茲將各項調查方法說明如下：1.車輛平均延滯：配置人員2名，一名報時；另一名則負責觀測延

滯車輛並予以記錄，其方法是由報時人員每5秒知會記錄人員一次，由記錄人員登載瞬時之停止線後停等車輛數；選擇5秒鐘為時間間隔乃是為了降低調查誤差（一般多採13秒/次）。

2.最長等候車隊調查：配置人員1名，其方法是由調查人員登記每個週期內，停止線後最長之停等車輛數。

表 7.7 金華－健康路口不同方向各時段之平均旅行時間

方向	時 段	平均旅行時間 (sec)	時 段	平均旅行時間 (sec)
東	8:02~ 9:19	13.81	14:35~15:44	15.58
	9:19~10:05	15.09	15:44~16:25	17.55
	10:05~10:19	18.20	16:25~17:01	15.82
	10:19~10:41	13.95	17:01~17:19	19.53
	10:41~11:00	17.29	17:19~18:30	16.44
西	8:02~ 8:07	13.59	14:39~15:17	14.59
	8:07~ 8:26	16.09	15:17~15:37	17.56
	8:26~ 9:24	15.24	15:37~16:20	16.43
	9:24~ 9:51	14.92	16:20~16:58	18.21
	9:51~10:08	17.69	16:58~17:05	15.27
	10:08~10:54	15.54	17:05~18:38	17.08
南	8:01~ 8:30	13.18	14:32~14:54	15.86
	8:30~ 9:17	14.83	14:54~15:48	16.02
	9:17~10:03	15.07	15:48~16:23	17.43
	10:03~10:27	14.04	16:23~16:34	14.76
	10:27~11:05	15.69	16:34~17:23	18.09
	——		17:23~18:31	15.77
北	8:01~ 8:21	11.56	14:39~15:19	9.89
	8:21~ 8:50	9.58	15:19~16:19	9.44
	8:50~ 9:13	11.52	16:19~18:26	12.04
	9:13~ 9:57	12.59	——	
	9:57~10:55	11.08	——	
	10:55~11:17	15.11	——	

- 3.車輛停等調查：配置人員 1名，其方法係由調查人員以計數器分別計算該車流方向通過停止線之總車輛數，以及無法順暢通過而曾於停止線前受到干擾的受延滯車輛數。

#### 7.4 SAST實證結果分析

依前節的調查方法，可將資料做進一步的整理分析，茲說明如下：

##### 1.車輛延滯

###### (1)總延滯

即為調查時段內每隔五秒所記錄於該臨近路段的停止車輛數乘上五秒間距之累加總數。

###### (2)每部車輛之平均延滯

即為調查時段內總延滯除以總車輛數。

##### 2.車輛停等

以停等百分比來表示，其計算方式為：

$$\text{停等百分比} = \frac{\text{停等車輛數}}{\text{總車輛數}}$$

##### 3.結果分析

將調查結果整理得出金華－健康路口不同時制策略之績效比較表，其中表 7.8 為全動態 SAST 模式與動態查表績效之比較，而表 7.9 則為全動態 SAST 模式與定時時制之績效比較。

###### 一．全動態 SAST 模式與動態查表時制之績效比較說明

由表 7.8 可知，全動態 SAST 亦如預期和動態查表時制相比較的確有較佳的績效值，茲分述如下：

(1)受阻車數與停等百分比：

如原先所預期的，由於SAST之理論架構乃以紓解紅燈時停等之車輛為主要目的，因此當綠燈始亮後進入系統的車，可能無法順利通過路口，故除北方之外，其餘方向之停等比率均較動態查表為高，且就路口總停等，全動態SAST之受阻比例亦略高於動態查表時制，唯差異並不很大。

(2)平均延滯：

此項參數為SAST於進行時制決策時的最重要評估指標，由表

表 7.8 金華－健康路口全動態SAST模式  
與動態查表時制績效比較

時制種類	比較項目	東	西	南	北	路口總績效
動態查表	受阻車數(輛)	629	607	606	498	2340
	總車輛數(輛)	984	932	1051	904	3871
	停等百分比(%)	63.92	65.13	57.71	55.09	60.45
	車輛總延滯(秒)	17340	13970	12260	10860	54430
	平均延滯(秒)	17.62	14.99	11.67	12.01	14.06
	總停等車數(輛)	641	581	561	490	2273
	週期數	95	95	96	96	95
	平均最長等候車隊(輛)	6.75	6.12	5.88	5.10	5.96
全動態SAST	受阻車數(輛)	673	682	599	471	2425
	總車輛數(輛)	979	939	941	837	3696
	停等百分比(%)	68.74	72.62	63.66	56.32	65.61
	車輛總延滯(秒)	12870	14141	9535	7943	44489
	平均延滯(秒)	13.15	15.06	10.13	9.49	12.04
	總停等車數(輛)	583	619	524	421	2147
	週期數	119	119	118	118	118
	平均最長等候車隊(輛)	4.90	5.20	4.44	3.57	4.53

〔註一〕：調查時段為AM7:35～9:35

得知各方向之平均延滯均有顯著的降低，唯西方除外，此乃因西方有一公車總站，故大部份的來車為公車，且連續出現兩部大車的組合機率相當高，然而於本次紓解間距的調查中，大車對大車的樣本原本就不足，故分析結果與原先的紓解率值差異頗大，因此造成SAST估計值產生偏差，而致績效不佳，但就整體績效而言，改善幅度約在20%左右，足以證明SAST控制策略實有其應用價值。

表 7.9 金華－健康路口全動態 SAST 模式  
與固定時制績效比較

時刻種類	比較項目	東	西	南	北	路口總績效
定 時 制	受阻車數(輛)	695	707	574	616	2592
	總車輛數(輛)	1147	1082	1131	1060	4420
	停等百分比(%)	60.59	65.34	50.75	58.11	58.64
	車輛總延滯(秒)	18760	20160	12370	15300	66590
	平均延滯(秒)	16.36	18.63	10.94	14.43	15.07
	總停等車數(輛)	746	680	567	586	2579
	週期數	81	81	81	81	81
	平均最長等候車隊(輛)	9.21	8.40	7.00	7.23	7.96
全 動 態 SAST	受阻車數(輛)	936	669	830	542	2977
	總車輛數(輛)	1182	1021	1208	1024	4435
	停等百分比(%)	79.19	65.52	68.71	52.93	67.13
	車輛總延滯(秒)	23580	19100	16860	9450	68990
	平均延滯(秒)	19.95	18.71	13.96	9.23	15.55
	總停等車數(輛)	920	650	690	474	2734
	週期數	107	108	107	108	107
	平均最長等候車隊(輛)	8.60	6.02	6.49	4.39	6.37

〔註一〕：調查時段為 AM9:45~11:45

### (3)平均最長等候車隊長度：

此項績效值的差異最爲明顯，平均最長等候車隊從5.96輛降至4.53輛，可見實施全動態SAST時制，可以顯著減少紅燈時停等的車隊長度，故對改善路段交通壅塞情形大有助益。

綜合上述(1)、(2)、(3)點可知，雖然全動態SAST之停等百分比(停等車輛)會較高，但可使每輛車之平均停等時間大幅減少，同時停等車隊長度亦明顯降低，故就其總體績效而言，仍然優於動態查表時制。

## 二. 全動態SAST模式與固定時制之績效比較說明

從表中可看出全動態SAST似乎並沒有較定時時制產生顯著的績效，茲以下述幾點分別詳述之。

### (1).受阻車數與停等百分比：

此項數值如同原先預期，全動態SAST略高於固定時制。由此可知，無論是採固定時制或動態查表時制，其車輛的總停等百分比都會略低於全動態SAST時制，與理論之認定相符合。

### (2).平均延滯：

此項績效值除了北向外，全動態SAST顯示出稍差的績效，此與理論的模擬結果有所出入，究其原因有三：

I. 路型幾何因素：由於金華－健康路口其路型各方向僅有一線快車道，故當路口有左轉車，常與對向直進車產生衝突而受阻於路口，以致影響後面來車的正常前進，而造成額外延滯。

II. 紓解因素：由於本次紓解間距的調查，並未考慮車輛轉向的因素，故一遇有轉向車則模式之紓解時間即呈不足



，而根據現場觀察，該路口在早上10時以後，東向左轉車流比例相當大，尤其公車和大貨車所造成的影響更巨，往往SAST認定車輛早已紓解通過路口，但實際上卻滯留在原地，導致估計有所偏差而產生不正確的決策，而使延滯值提高。

Ⅲ. 偵測器佈設：根據全動態SAST理論其偵測器的佈設應為二組，即進入系統一組，離開路口一組，可是目前金華一健康路限於原有設備每一方向只有上游一組偵測器，因此，對於下游路口車輛之紓解無法掌握正確資訊，而易產生誤差累積，以致影響運作績效。同時，此路口由於偵測器的佈設位置亦非SAST理論中的最佳區位，因此也造成了若干偏差。

### (3)平均最長等候車隊長度：

此項績效值由表中可明顯看出，全動態SAST每一週期之平均最長等候車隊長度的確較低於固定時制，證明全動態SAST對於紅燈時車隊長度的累積的確具有正面的改善作用。

綜合上述(1)、(2)、(3)點，由於觀測所求得之平均延滯值並非就是全動態SAST理論的計算值，因此無法認定全動態SAST的績效較差。事實上，根據前面全動態SAST模式與動態查表時制之績效比較，仍足以得知全動態SAST是可以產生較佳的交通績效，此點可由平均最長等候車隊長度與車輛平均延滯等指標明顯降低而看出。至於林豐博教授所模擬出來全動態SAST在高流量時績效越佳的結果，此次由於受限於偵測器與實際路口路型與流量等因素，以致無法在本實證研究中得到印證。

# 第八章 結論、檢討與建議

## 8.1 結論與檢討

1. 目前全動態交通號誌控制理論雖有若干種，但就理論上之優異性與實務上之完備性而言，仍是以SAST與OPAC最具代表性，本研究基於實用上可行性之考量，而決定採用SAST為實證研究之對象。
2. SAST之實證研究由於需要硬體設備加以配合，而本研究限於經費之短拙與研究期限之緊迫，無法甄選最適宜SAST運作之路口來重新安裝硬體號誌設備，僅能利用台南市惟一在路口四個方向均已佈設偵測器之金華－健康路口從事實地運作。
3. 台南市金華－健康路口原屬動態控制之獨立路口，故號誌設備之佈設無法符合SAST之硬體需求，同時該路口之幾何型態亦具先天缺陷，茲將其實施SAST之弱點條列如下：
  - (1) 路口四個方向均僅各有一線快車道，因此，當路口有車輛左轉時，常與對向直行車輛產生衝突而受阻於路口中，以致影響其後續直行車輛之前進，而無法正常的紓解。
  - (2) 該路口之車輛偵測器佈設位置，原僅考慮最長車隊等候線，因此無法與SAST觀點下之最佳偵測器設置位置相符，而使得各方向車輛到達之事前資訊長度不一，以致影響SAST模式之決策分析效果。
  - (3) 路口各臨界路段之路邊均允許停車，然而路邊車輛之停放往往雜亂不一，同時某些路段中存有巷道，時有車輛進出，凡此種種均或多或少干擾到車流之正常運行，而使SAST模式中之車隊長度估計產生偏差，從而影響其運作績效。

- (4)該路口所設之四組偵測器，對車輛到達之掌握，仍存有若干偏差，因此不可避免的影響到路口車輛到達之正確性。
  - (5)某些偵測器設置位置較遠之路段中，常有快慢車混流及相互超車之現象發生，而使等候車隊中之車序隨時間產生變化，且使路口車隊資訊增加其不確定性。
  - (6)該路口目前並未依SAST模式之要求，於停止線處裝設偵測器，因此無法正確掌握路口車輛之紓解情形，此亦係造成車隊長度估計有所偏差的原因之一。
- 4.本研究對於SAST模式之實證分析，係將SAST模式中之車流模式與時制決策模式分別以C語言撰寫為電腦程式，存於一部AT微電腦中，並將其搬至路口控制器旁，以RS-232C通訊線連接路口控制器，先將四組車輛偵測器之資訊，輸入該微電腦中，使SAST模式開始運作，再將控制器設定為離線，俟模式產生時制決策後再傳送至控制器中，據以改變燈號，同時將模式中之車流及時制決策資訊均加以儲存以備事後分析之用；另一方面則配置若干調查員於各臨近路段，來蒐集交通績效資料，以與前述模式分析資料相互比較驗證。
- 5.總括而言，本研究雖侷限於研究經費與時限，並有前述種種先天條件難以配合之處，然而初步之實證分析結果，仍足以肯定全動態交通號誌控制策略之實用價值。因此，其在國內之可行性與適用性，應屬無庸置疑。

## 8.2 建議

- 1.本研究雖僅經初步之實證分析，但仍足以肯定SAST之運作效果，

同時更對繼續改進全動態交控模式之未來可能績效深具信心。

2.本研究僅對定時時制、動態查表時制與SAST時制的績效從事比較，未來可考慮SAST與全感應控制方式加以比較，將可進一步瞭解其控制效果是否均較各種現有控制策略為佳。

3.本次研究僅針對現行簡單二時相加以分析，未來之研究方向可增加對多時相準則之訂定、時相跳躍之可行性、及於多時相得失決策應如何比較等，另外亦應考慮幹道下實施全動態控制時連鎖的方式，以增加其應用的普及性及實用性。

4.經過此次初步實證分析，本研究建議未來之全動態交控策略之應用與發展可朝下述幾個方向繼續努力：

(1)政府主管單位方面：

- a.中央交通主管部門應肯定全動態號誌控制系統之實用價值，與其對國內之嚴重都市交通擁擠問題的可能助益，以及其對提昇國內號誌科技研究水準的必然貢獻，從而將其列入重點科技發展項目中，並寬籌經費大力推動之；同時另以道安經費補助及技術支援有心推動之地方交通單位。
- b.中央交通主管部門應參照英國政府之做法，擇定一處都市地區路網，劃為交通號誌理論與技術之實驗場所，鼓勵各學術及研究機構，將其所發展之新式交通號誌科技，在此區域從事測試及實證研究，並做成具有公信力之權威研究成果報告，加以定期公佈，以帶動全國各地之交通控制技術之研究發展。
- c.對於有心推動新式交通號誌控制技術來改善當地交通擁擠現象之地方政府，應提撥足夠之經費予其號誌主管部門（如交通局或警察局），並給予必要之行政支援來改進當地交通號

誌系統，同時多與學術機構加強合作，以增強新觀念的吸收，及協助其交控作業人員之教育訓練事宜。

- a.交通部可考慮於未來之適當時機，在現有之都市電腦化交通號誌系統設置規範中，另行制定全動態交控系統之適用規範，以爲各都市從事此項建設之依據，並鼓勵學術單位、號誌設備廠商、系統軟體公司，合作開發整套之全動態交通控制系統。

(2)號誌設備供給廠商方面：

政府可鼓勵號誌設備供應廠商，開發可同時適用於全動態控制與動態控制之多用途智慧型號誌控制器，以強化全動態號誌技術之應用領域。

(3)學術研究單位方面：

- a.學術與研究機構應致力於全動態交控理論之進一步改進研究，除將原有理論模式中之不適宜處，加以修正或改良外，並針對國內特有之道路幾何型態與車流特性從事研究，俾發展出適合本國環境之全動態交通號誌控制系統，並儘可能使其系統運作績效發揮至最高水準。
- b.政府可鼓勵學術研究單位，及與其合作之號誌廠商，將其共同研究成果，發表於國際著名之期刊雜誌上，以提昇我國在國際交通界之知名度，並適時邀請國外之交通機構或研究單位來華參觀觀摩，以強化彼此間之瞭解與交流，進而俾益於國民外交之推展。

# 附 錄

## 全動態交通號誌控制策略學術研討會之日程與內容

一. 主講人：林豐博博士(美國Clarkson大學教授)

劉俊嘉博士(美國運輸部FHWA高級研究員)

(SRA科技公司主任交通工程師)

二. 日期：中華民國七十八年六月二十六日至七月一日

三. 時間：上午九時至十二時(週一至週六)

下午十三四十分時至十七時(週一至週五)

四. 地點：國立台灣大學資訊館一樓

五. 主辦單位：交通部運輸研究所

協辦單位：國立成功大學交通管理研究所

國立台灣大學土木研究所交通工程組

六. 研討綱要：

1. 六月二十六日(星期一)

A. 上午

(a) 開幕

- 致歡迎詞
- 介紹主講人
- 介紹學員

(b) 講習內容簡介

(c) 號誌控制之最新發展

- 獨立路口
- 連鎖路口

- 整合式控制路口

- (d)現行號誌控制方式之應用與評估(一)

- B.下午

- (a)FHWA在交通運作方面之研究

- (b)車輛偵測器之應用(一)

- 2.六月二十七日(星期二)

- A.上午

- (a)現行號誌控制方式之應用與評估(二)

- (b)全動態號誌控制策略之必要性

- (c)全動態號誌控制之主要特色

- (d)現有全動態號誌控制邏輯(SCOOT, SCAT, MOVA, OPAC...等)(一)

- (e)分組研討－作業(一)

- B.下午

- (a)車輛偵測器之應用(一)

- 號誌化路口應用

- 特殊應用

- (b)微處理機式觸動控制器

- 分相／環之關係

- NEMA與Type 170之觀念

- 3.六月二十八日(星期三)

- A.上午

- (a)現有全動態號誌控制邏輯(二)

(b)全動態號誌控制之功能需求

(c)全動態號誌控制邏輯之發展－研究工具

(d)分組成果發表－作業(一)

**B.下午**

(a)觸動號誌之連鎖(一)

- 基本時制參數：Yield及Force-off
- 時制參數設定：TRANSYT、PASSER與MAXBAND

(B)觸動號誌之連鎖(二)

- 運作策略指引
- 棋盤式路網運作
- 路口控制器選擇

**4.六月二十九日(星期四)**

**A.上午**

(a)資訊需求

(b)車流特性模式化

(c)偵測器佈設與資訊流向

**B.下午**

(a)OPAC實地測試(一)

- OPAC控制策略
- 系統組成：二至八時相
- 處理邏輯

(a)OPAC實地測試(二)



- 測試計畫
- 測試結果
- 經濟效益分析

5. 六月三十日(星期五)

A. 上午

- (a) 決策(最佳化)程序
- (b) 自助運作邏輯
- (c) 分組研討－作業(二)

B. 下午

- (a) TRAF整合模擬軟體(一)
  - 背景
  - 特性
  - TRAF-NETSIM
- (a) TRAF整合模擬軟體(二)
  - 操作
  - 未來研究方向

6. 六月三十一日(星期六)

- (a) SAST邏輯架構
- (b) 未來研究重點
- (c) 分組成果發表－作業(二)
- (d) 結業式

# 參考文獻

## 一. 中文部份：

1. 丁國樑、何志宏，第一代電腦化動態交通控制系統－在臺南市交通號誌系統之應用，COMDYCS-I；國立成功大學交通管理科學研究所，民國七十六年十一月。
2. 丁國樑、何志宏等，臺南市電腦化交通號誌控制系統第三期硬、軟體系統工程，完工報告，國立成功大學交通管理科學研究所，民國七十六年十二月。
3. 林大煜，臺灣地區建立微電腦交通號誌控制系統之研究，運輸計畫季刊，十七卷一期，P.P.109~124，民國七十七年三月。
4. 交通部電腦化交通號誌評鑑小組〔電腦化交通號誌控制系統功能〕評鑑報告，民國七十七年三月。
5. 交通部，電腦化交通號誌控制系統之規劃與設置規範，民國七十七年七月。
6. 何志宏等，交通號誌系統彈性連鎖規劃與運轉作業之研究，期末報告，國立成功大學交通管理科學研究所，民國七十五年七月。
7. 何志宏，「歷代電腦化都市交通控制系統之理論回顧與發展現況分析」，都市交通運輸研討會專題論文，民國77年12月17日。
8. 吳水威，「混合車流之模擬研究」，台大土研所碩士論文，民國64年5月。
9. 吳永隆，「圓環號誌化模擬－台南市民生綠園暨火車站圓環之研究」，成大土研所碩士論文，民國75年6月。
10. 吳國安，「公車專用道在平面交叉路口之電算機模擬研究」，台大

- 土研所碩士論文，民國70年6月。
11. 范玉琳，「交叉路口綠燈早開或遲閉號誌控制之研究」，成大土研所碩士論文，民國68年6月。
  12. 周義華，陳天賜，「混合車流模擬方法之初步研究」，中國工程學刊，6卷2期，民國72年，PP.65~71。
  13. 周義華，魏健宏，「混合車流狀況下市道路V/C比值與車流延滯之關係研究」，運輸計劃季刊，13卷，4期，民國73年，PP.523~560。
  14. 金慶松，「號誌化交叉口直行左轉共用車道交通特性及飽和流量之研究」，台大土木研究所碩士論文，民國76年。
  15. 郭正成，「機車在交叉路口接受間距之研究」，交大交研所碩士論文，民國71年。
  16. 黃國平，「混合車流二維座標模擬模式之建立及驗證」，台大土研所碩士論文，民國72年6月。
  17. 傅耀南，「以混合車流模擬方設計單一交叉路口號誌時制之研究」，台大土研所碩士論文，民國76年6月。
  18. 蔡嘉霖，「混合車流狀況下交叉路口特性之調查及模擬模式之研究」，台大土研所碩士論文，民國71年6月。
  19. 顏上堯，「混合車流狀況下市區號誌交叉口車流運轉特性及容量參數之研究」，台大土木研究所碩士論文，民國76年。
  20. 薛春明，「混合車流狀況下獨立平面號誌交叉路口之模擬研究」，台大土研所碩士論文，民國69年6月。
  21. 龍天立，「道路交叉口混合車流特性之研究」，國科會計劃，民國65年。
  22. 蘇錦江，「混合車流狀況下平面交叉路口交通狀況模擬模式之建

立及其應用」，台大土研所碩士論文，民國66年5月。

23. 顏憶茹，「城際公路基本容量與小汽車當量之研究」，成大交研所碩士論文，民國76年7月。

## 二. 英文部份：

24. Ahmed Essam Radwan and Kumares C. Sinha, " Gap Acceptance and Delay at Stop Controlled Intersection on Multi-lane Divided Highway ", IEE Journal, March, 1980.
25. Chen, H., S.L. Cohen, N.H. Gartner, and C.C. Liu, " Simulation Study of OPAC: A Demand-Responsive Strategy for Traffic Signal Control", Proceedings, International Symposium of Transportation and Traffic theory, 1987.
26. Daniel L. Gerlough, Matthew J. Huber, " Traffic Flow Theory", TRR. Special Report 165, 1975.
27. Davies, P. and N. Ayland, "Urban Traffic Control-The Next Step Forward", Presented at the 67th Annual Meeting of Transportation Research Board, Washington, D.C., Jan. 1988.
28. Gartner, N.H., "OPAC: A Demand-Responsive Strategy for Traffic Signal Control", Transportation Research Record 906, 1983, 75-81.
29. Gartner, N.H., "Demand -Responsive Traffic Signal Control Research", Transportation Research A, Vol. 19A No. 5/6 1985, 369-373.
30. Hunt, P.B., D.I. Robertson, R.D. Bretherton and R.I. Winton,

- "SCOOT—A Traffic-responsive Method of Co-ordinating Signals"  
 , TRRL Report LR 1014, Transport and Road Research Laboratory,  
 Crowthorne, 1981.
31. J. Darzentas, M.R.C. McDwell and Dale F. Cooper, " Minimum  
 Acceptable Gaps and Conflict Involvement in a Simple  
 Crossing Maneuver", Traffic Engineering & Control, February,  
 pp58-61, 1980.
32. Lin, F.B., S. Vijayakumar, and Cooke, D., "Simulation Analysis  
 of An Adaptive Signal Control Strategy", presented at the  
 International AMSE Conference on Modeling and Simulation,  
 Williamsburg, VA, September 3-5, 1986.
33. Lin, F.B., Cooke, D., and S. Vijayakumar, "Utilization and Timing  
 of Signal Change Interval", presented at the Annual  
 Meeting of Transportation Research Board, Washington, D.C.,  
 Jan. 12-15, 1987
34. Lin, F.B., Cooke, D., and S. Vijayakumar, "Use of Predicted  
 Vehicle Arrival Information for Adaptive Signal Control  
 —An Assessment", presented at the Annual Meeting of  
 Transportation Research Board, Washington, D.C., Jan. 12-15,  
 1987.
35. Lin, F.B., Wang, N., and Vijayakumar, S., "Development of An  
 Intelligent Adaptive Signal Control of Urban Traffic",  
 Henniker, New Hampshire, June 14-19, 1987.
36. Lin, F.B., Cooke, D., and S. Vijayakumar, "Use of Predicted

Vehicle Arrival Information for Adaptive Signal Control—  
An Assessment", Transportation Research Record 1112, 1987,  
89-98.

37. Lin, F.B., Wang, N., and Vijayakumar, S., "Development of An  
Intelligent Adaptive Signal Control Logic", Management  
and Control of Urban Traffic Systems, (Editor. Sam Yagar),  
Engineering Foundation, New York, 1987. 257-279.
38. Lin, F.B., "A Comparative Analysis of Two Logics for Adaptive  
Control of Isolated Intersections", presented at the 67th  
Annual Meeting of Transportation Research Board, Washington,  
D.C., January 11-14, 1988.
39. Lin, F.B., and Vijayakumar, S., "Adaptive Signal Control at  
Isolated Intersections", ASCE Journal of Transportation  
Engineering, Vol. 114, No. 5, Sept. 1988, 555-573.
40. Lin, F.B., "A Comparative Analysis of Two Logics for Adaptive  
Control of Isolated Intersections", To be published  
in Transportation Research Record, 1988.
41. Lin, F.B., "Use of Binary choice Decision Process for Adaptive  
Signal Control", Department of Civil and Environmental  
Engineering Clarkson University, NY. 1988.
42. Luk, J.Y.K., P.R. Lowrie and A.G. Sims, "Using TRANSYT  
for Traffic Signal Optimization in Paramatta", Proceedings  
of 11th ARRB Conference, 11(4), 1982, 12-22.
43. Luk, J.Y.K., A.G. Sims and P.R. Lowrie, "SCATS—Application

- and Field Comparison with a TRANSYT Optimized Fixed-time System", International Conference on "Road Traffic Signalling. IEE, London, Conference Publication, No.207, 1982,71-74.
- 44.Luk, J.K.K.& A.G. Sims. "Selecting Offsets for Sub-area Linkage in SCAT", Australia Road Research, 12(2),1982, 71-84.
- 45.Luk, J.Y.K."Two Traffic-Responsive Area Traffic Control Methods:SCAT and SCOOT", Traffic Engineering and Control , Vol.25, No.1. 1984,14-15, 17-18.
- 46.Mac Gowan,J.and I.J.Fullerton,"Development and Testing of Advanced Control Strategies in the Urban Traffic Control System", Public Roads,43(4),1980.159-164.
- 47.M.C.Davila And Clyd E, Lee,"Microscopic Traffic Simulation", T.R.R.772, 1981, pp.15-18.
- 48.Miller,A.J."A Computer Control System for Traffic Network", Proceedings, 2nd International Symposium on Theory of Road Traffic Flow, London,U.K.,1963,201-220.
- 49.Moore,S.E.,P.R.Lowrie and A.G.Sime."Three Traffic Signal Control Philosophies Applied to an Arterial Traffic System", Proceedings of 8th ARRB Conference,8(5), Session 22,1976,1-9.
- 50.Rach, L.,"The Development and Evaluation of Methropolitan Toronto's Real-time Program for Computerized Traffic

Control Devices", Proceedings of IFAC/IFIP/IFORS 3rd International Symposium on Control in Transportation Systems ,Ohio,1976,349-362.

51. Raff, M.S., Harot, T.W., "A Volume Warrant for urban Stop Sign", Eno Foundation for Highway Traffic Control, 1950.
52. Ross, D.W., E.E. Humphrey, R.C. Mahoney, R.C. Sandys, G.L. Williams, R. Wahnoutka, P.J. Wong and H.M. Leidler, "Improved Control Logic for Use with Computer-controlled Traffic", NCHRP Project 3-18 (1) Report, Stanford Research Institute, CA, 1977.
53. Solberg P. and Oppealander J.C., "Lag and Gap Acceptance at Stop-Controlled Intersection", HRB 118, pp48-67, 1966.
54. Thomas W, Rionx and Clyd E, Lee, "Microscopic Traffic Simulation Package for Isolated Intersection", T.R.R. 644, 1977.
55. Williams, W.L., "Driver Behavior During the Yellow Interval", Transportation Research Record, No. 644, pp75-78 (1977).
56. Wu, S.S. and Heimbach, C.L., "Simulation of Highway of Traffic on Two-way, Rural Highways", T.R.R. 806, 1981, pp28-33.