

## 交通情報와 制御

金 浩 允

檀國大學校 副教授

先進 數個國에서는 오래전부터 이미 여러가지 方法으로 交通制御를 실시해오고 있으나 좀 더 組織的制御를 行한 사례는 1970年을 기준으로 고찰해 볼 때, 歷史的으로 그렇게 오래지 않음을 알수가 있다. 이스라엘의 경우는 1960年 텔 아비브에서 感應系統式에 의한 廣域制御를, 캐나다는 1965年 2月 토론토에서 中央計算機制御方式을, 美國에서는 1965年 산호세를 비롯하여 데트로이트, 시카고等地에서 中央計算機制御方式(最適系統制御)을, 스위스에서는 1965年 바셀에서 中央集中制御方式(中央交換局)을, 英國은 1966年, 西런던과 그라스고에서 感應系統式과 中央計算機의 併用に 의한 廣域制御를, 西獨은 1966年경 中央計算機에 의한 交通流형태의 判定을 아헨 및 문헨에서 시행하였고, 프랑스는 파리의 中央計算機制御를 研究검토 하였다. 우리나라는 아직도 定週期式 신호제어方式을 행하는 실정이나 머지않은 장래 컴퓨터에 의한 自動制御가 行해질것으로 기대된다. 制御에 앞서 가장 중요한 문제는 交通流檢知에 의한 情報를 얻는것이 선결의 문제이다. 이 情報에 따라서 制御를 행하게 되므로 첫째 檢知器의 現狀과 둘째 制御를 위한 交通사항 分析을 中心으로 論하겠다.

그림1.은 計算機制御 System 의 한 例이다. 여기서 檢知機(detector)는 그 基本機能으로써 다음 세가지로 分類할 수가 있다.

- ① 한 地點에 車輛이 存在할 경우에 대한 存在檢知,
- ② 한 地點을 車輛이 通過했을 때의 通過檢知,
- ③ 한 地點을 車輛이 通過한 速度를 檢知하는 速度檢知 등으로 나누어 생각할 수가 있다. 交通流의 諸 패턴은 이러한 機能을 갖는 檢知器들을 組合하여 情報를 얻는 것이다. 換言하면 한 檢知器로써 모든 交通情報를 얻을 수 있는 것이 아니라 대개의 경우 檢知器의 種類에 따라서 얻는 情報형태가 각기 다른 것이다. 都市交通에 關한 데이터는 첫째 交通分析의 면에서, 둘째 실제 交通制御를 위한 信號系統制御의 면에서 必要하다. 現交通狀態의 知識은 電子交通制御所의 運用에 必要 불가결한 것이다. 各기 다른 物理的原理에 立脚한 動作형태별로 區分하면

- ① 壓力感知檢知器(Pressure-sensitive detectors)
- ② 空氣檢知器(Pneumatic detectors)
- ③ 磁氣檢知器(Magnetic detectors)
- ④ 光電池檢知器(Photocell detectors)
- ⑤ 赤外線檢知器(Infrared detectors)
- ⑥ 레이더檢知器(Radar detectors)
- ⑦ 超音波 檢知器(Ultrasonic detectors)

### 1. 檢知器(Detectors)의 現狀

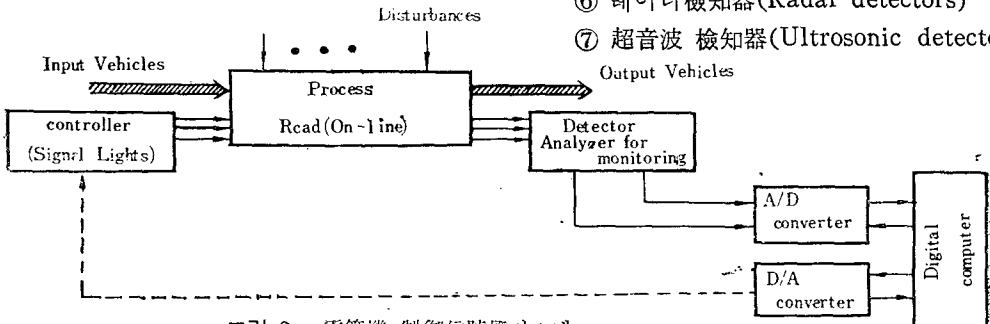


그림 2. 電算機 制御信號燈시스템

- ⑧ 靜電容量檢知器(Capacitive detectors)
- ⑨ 還線檢知器(Loop detectors)
- ⑩ 코일 檢知器(Coil detectors)

이밖에도 Microwave-FM-CW detector 等도 研究中에 있다. 앞서 論한 바와 같이 이들중 適當한 檢知器는 그때 그때 條件에 따라 選擇하면 된다. 참고로 交通상황으로서 다음의 것을 들 수가 있다. 이것은 交通流情報의 일환에 포함 된다.

- a. 車輛의 數
- b. 車輛 密度
- c. 車輛 速度
- d. 車輛 出現

e. 車輛에 依한 거리점유(Occupancy)

모든 檢知에 있어서 發生誤差(Error) 關係를 보면, 그 크기에 대해서는 測定裝置 그 自身에 依해 部分的으로 알 수가 있다. 앞서 열거한 바 있는 代表的 10種의 檢知器중 特히 첫번째의 壓力檢知器만 해도

- ① Push-button 型檢知器
- ② Contact pressure pad 檢知器
- ③ Trolley wire contact 檢知器

그리고 두번째의 空氣檢知器(Pneumatic detectors)를 細分하면,

- ① Pressure tubes detectors
- ② Pneumatic pressure pads detectors

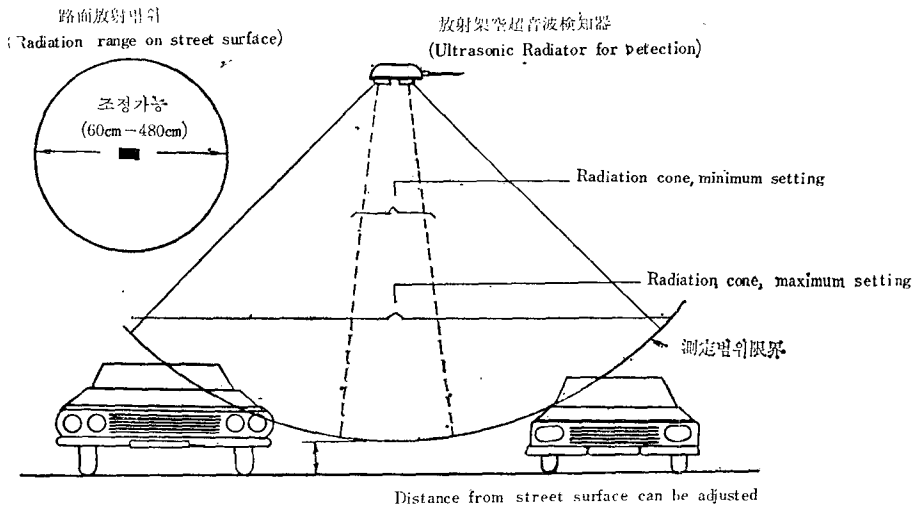


그림 2. 地上 架空懸수식 超音波檢知器의 放射範圍

The radiation range is not sharply defined in its angular dimension but only in longitudinal dimension

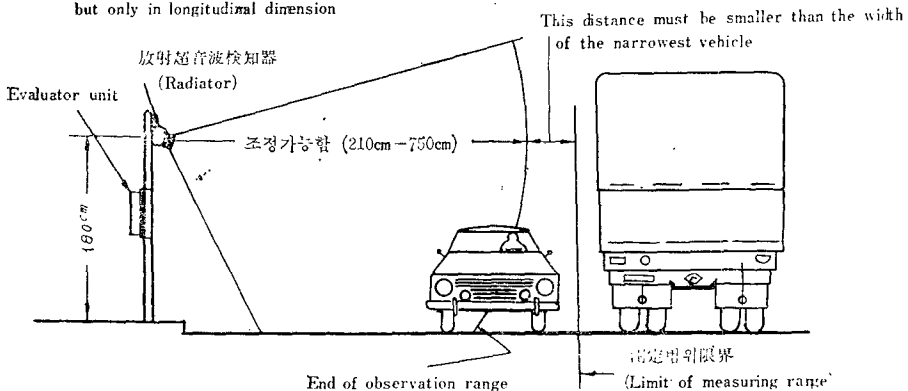


그림 3. 地上 側柱式 檢知器의 放射範圍

등을 들 수가 있다. 以上 諸檢知器는 各 檢知器 別로 그 設置場所가 다른 것으로 地上(架空懸垂式 혹은 路邊側柱式), 地面(路面 혹은 路邊), 地下(路面下 매복) 등에 局限되어 있다. 그림 2 및 3은 地上의 경우를 보여주고 있다. 참고로 그림 4는 還線式을 보여준다.

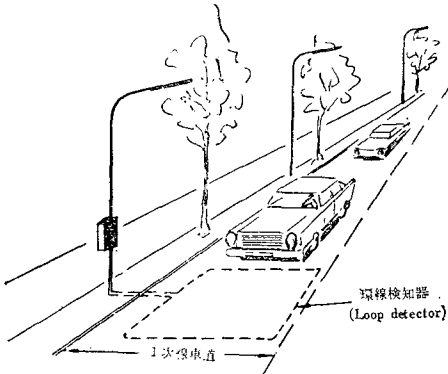


그림 4. 一次還線에서의 還線檢知器

外國에 있어서 檢知器使用 현황을 綜合表示 해보면, 表 1과 같다.

表 1 外國에 있어서의 檢知器 使用의 實例

設置場所	使用檢知器	檢知內容
토론토 (캐나다)	loop式	交通量, 速度,  점유면적, 대기행렬
서던던(英)	고무호스式, loop式	交通量, 速度, 대기행렬
파리(佛)	loop式	" " "
산호세(美)	踏板式, loop式	交通量, 速度,  점유면적, 대기행렬
바파로	超音波式	交通量, 速度, 대기행렬
링컨터널	光電式	交通量, 速度
아이젠하워 고속도로	超音波式, Doppler Radar	交通量, 速度,  점유면적,
존 로지	" "	" " "
갈프	loop式, 音波式	交通量,  점유면적, 車間거리
日本國道, 地方道	loop式	交通量
" 都市內 街	踏板式, loop式, 超音波式	交通量, 速度,  점유면적, 대기행렬
" 首都高速道路	loop式	交通量, 速度

## 2. 偏差制御

편차제어라함은 이미 계획된 스케줄상의 速度와 車輛의 實速度와는 차이가 있는 것으로 그

차(差)를 最小로하는 것으로써 이에앞서 制御를 위한 目的函數를 세우는 것이 先決의 문제이다. 그 導入 과정을 略述코져 한다.

舗裝 및 非舗裝形態의 線狀道路上에는 Bus, Truck, Taxi 其他 많은 車輛들이 負荷 혹은 無負荷의 상태로 random하게 移動해감으로 이들 項目을 制約條件으로 前題하고서 우선 各各의 車輛自體에 대한 速度문제를 위시해서 移動中의 앞뒤 車間에는 서로 相關關係를 갖는 故로 前述한 random하게 追從하는 車輛들에 대한 여러 狀態式과 아울러 加速度를 調査分析코져 한다. 制御中心에서 加速度에 의한 偏差는 그림. 5의 點線部分(地點,  $S_1, S_2, S_4, S_5$ )에서 發生한다.

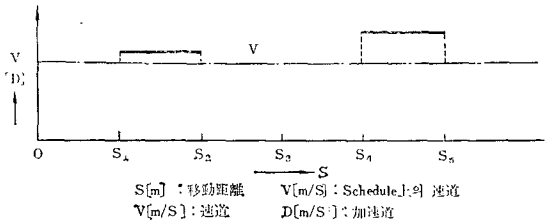


그림 S-D-V 狀態分布

$V_n(S)$ 는 車 $n$ 이 地點  $S$ 를 通過할때의 速度이고  $V(S)$ 는 各車의 S-V Schedule上的 速度라 할 때 各車輛自體들에 關해서 車 $n$ 의 實速度 S-V Schedule로부터 偏差를  $\Delta V_n(S)$ 라 하면,

$$\Delta V_n(S) = V_n(S) - V(S) \dots\dots\dots(1)$$

이다. 그리고  $t_n(S)$ 를 車 $n$ 이 地點 $S$ 를 通過하는 時刻이라고 하고  $t_{n+1}(S)$ 를 車 $(n+1)$ 이 同一 地點을 通過하는 時刻이라고 하면(但  $n=1, 2, \dots, N$ )車 $n$ 와  $(n+1)$ 車間의 時間間隙을  $\tau_n(S)$ 라 할때

$$\tau_n(S) = t_{n+1}(S) - t_n(S) \dots\dots\dots(2)$$

로써 이것은 앞뒤 車의 追從모형(car-following model)로 表示해도 무방하므로 速度差는

$$\frac{dX_n(t)}{dt} - \frac{dX_{n+1}(t)}{dt} \dots\dots\dots(3)$$

이다. 이때  $n$ 은 車의 位置番號로서,  $n$ 번째車의 位置表示는  $X_n$ ,  $n+1$ 번째는  $X_{n+1}$ 이다.  $\tau_n(S)$ 를 (2)式의 時間間隙에 關해서 設定된 Schedule이라 할 때 實時間間隙  $\bar{\tau}_n(S)$ 로부터의 偏差  $\Delta \tau_n(S)$ 라하면, 이는 各 Sampling地點에 대한 滿足하는 關係式으로써 다음式(4)와 같다.

$$\Delta \tau_n(S) = \tau_n(S) - \bar{\tau}_n(S) \dots\dots\dots(4)$$

단,  $n=1, 2, 3, \dots, N-1$

### 3. 컴퓨터에 의한 交通현황分析

最適 컴퓨터 交通制御를 爲한 프로그래밍 (programming) 作成에 있어서 使用記號表示 및 交通현황 分析法을 紹介코져 한다. 表2를 보면 차량의 負荷, 無負別 나아가서 이들 各各의 경우에 또 各 차량에 대해 鋪裝 및 非鋪裝道路別 또 이들 制約條件下에서 速度, 距離, 加速度 時間 등으로 區分 分類表記하였다.

그리고 各道路條件(鋪裝, 非鋪裝別)과 多種車輛種類別 質量(M)과 마찰계수 (B)가 다음 表3을 통해서 알수가 있다.

表3은 대략참고적인 값이다.

이러한 表記法을 利用하여 各制約條件別값이 求해지면, 최적交通流配分문제 (最適交通制御의 見地에서) 等도 해결될 수 있을 것으로 믿으며 그밖에 諸交通문제해결에 크게 기여되리라 믿는다.

記 號	說 明
V L S	負荷時 鋪裝道路에서의 速度(Load, Paved-road Velocity)
S L S	" " 距離( " " Distance)
D L S	" " 加速度( " " Accererating time)
T L S	" " 時間( " " Time)
V L N	負荷時 非鋪裝道路에서의 速度(Load, Unpaved-road Velocity)
S L N	" " 距離( " " Distance)
D L N	" " 加速度( " " Acc.)
T L N	" " 時間( " " Time)
VLNS	無負荷時 鋪裝道路에서의 速度(No-load, Paved-road Velocity)
SLNS	" " 距離( " " Distance)
DLNS	" " 加速度( " " Acc.)
TLNS	" " 時間( " " Time)
VLNN	無負荷時 非鋪裝道路에서의 速度(No-load, Unpaved-road Velocity)
SLNN	" " 距離( " " Distance)
DLNN	" " 加速度( " " Acc.)
TLNN	" " 時間( " " Time)

[表 2.] 프로그래밍상의 記號表示

1. 負荷時(Load);

차량별	M-B	마찰계수 (B)	
	질량(M) [PML(I)]kg	포장마찰계수 [BLMS(I)]	비포장마찰계수 [BLMN(I)]
버 스	8,710	2,013	6,040
추 력	7,130	1,647	4,940
승용차	1,210	280	840

2. 無負荷時(No-load);

차량별	M-B	마찰계수 (B)	
	질량(M) [PMN(I)]kg	포장마찰계수 [BLNS(I)]	비포장마찰계수 [BLNN(I)]
버 스	7,690	1,770	5,310
추 력	6,130	417	4,250
승용차	990	229	686

[表 3] 負荷, 無負荷時 各차량별 M-B

參 考 文 獻

- (1) Teruo Ito: Suboptimal Solution of the Minimum-Time Problem of Discrete Systems by Using Quadratic Performance Indices, 計測自動制御學會論文集 Vol.7, No.4, pp. 303/309, 昭和46年 8月
- (2) K. Saishu, Y. Moriwaki: Optimum Assignment of the Traffic Flow, Trans. I.E.E.J., pp. 30/38, March, 1972
- (3) Keith R.Symon: Mechanics, Addison-Wesley, pp.26/29, January, 1957
- (4) 梁興錫, 金浩允: 迅速交通信號制御를 爲한 最適週期에 있어서의 外亂의 影響, 電子工學會誌 第10卷, 第5號, pp.16/20, Nov., 1973
- (5) Paul L.Meyer: Introductory Probability and Statistical Applications, Addison-Wesley, p.p. 211/234, 1972
- (6) 田村垣之, 富樫紀夫: 새로운 都市交通시스템의 トラ픽 컨트롤, 計測自動制御學會 論文集, 第9卷, 第3號, pp.353/360, 昭和 48年 6月
- (7) 梁興錫, 金浩允: 交通信號의 自動最適點制御를 위한 마이크로波-FM-CW 檢知系統에 관한 研究, 대한전기학회지, Vol.22, No.1, pp.35/41, Jan. 1973
- (8) Thomas L.Saaty and Joseph Bram: Nonlinear Mathematics, McGraw Hill, p. 257, 1964
- (9) 俞炳澈, 南平祐, 自動車工學, 文運堂 p.p.28/35 Aug.1963.
- (10) Julius T.Tou: Modern Control Theory, McGraw-Hill, pp.48~51/324~330, 1964
- (11) Donald E.Kirk: Optimal Control Theory, Prentice-Hall, pp.78/95, 1970

投 稿 要 領

- (1) 本誌에의 投稿는 會員에 限함을 原則으로 한다.
- (2) 本誌의 內容은 報告, 最新技術解説, 세미나抄錄, 技術講座, 技術展望, 海外論文紹介, 圖書紹介, 施設紹介, 特許紹介, 新規格紹介, 會員動靜, 學會消息 等으로 構成된다.
- (3) 本誌에 投稿를 希望하는 會員은 本誌 編輯委員과 事前에 協議하여 執筆 題目과 內容에 關하여 合議하여야 한다.
- (4) 原稿採擇은 本誌 編輯委員會에서 한다.
- (5) 採擇된 原稿에는 所定の 原稿料를 支拂한다.
- (6) 寄稿는 200字 原稿誌 40枚 内外를 原則으로 한다. 但, 그림과 表는 原稿紙 1枚로 看做한다.
- (7) 原稿는 國漢文으로 作成한다.