

□ 論 文 □

# 大衆交通分析을 위한 交通網作成技法

## On the Large Area Multi Modal Network Formulation Techniques

姜 渭 薰\*

(株)三友技術團 理事)

### 目 次

I. 序 論	IV. 大衆交通網分析 및 活用に 있어서 導出되는 結果
II. 大衆交通網作成의 大衆交通手段 및 範圍	V. 結 論
III. 大衆 交通網圖의 作成節次	

### ABSTRACT

One of the major objectives of a transportation study is to provide the transportation networks for future years in order to accommodate the projected transport demand for the movement of passengers and goods utilizing the optimum "mix" of modes. To achieve this goal, the planning process starts with collection and analysis of data to determine the existing traffic demand and travel pattern, and to assign the future trip interchanges on the existing and planned networks to determine areas of improvements so that it can cope with increasing future travel demand. The purpose of this paper attempts to explain the public transport network formulation techniques which can be easily applied to the large urban area multi modal public transport system.

### I. 序 論

最近 交通計劃 또는 交通 運營管理에 있어서 基本的 資料로서 準備되어야 할 要素가 需要 推定을 위한 社會·經濟 및 土地利用 資料와 施設判斷을 위한 交通網등 여러가지가 있지만 그중에서도 交通網의 作成 및 分析은 가장 重要한 要素라고 할 수 있다.

특히 大都市의 交通問題를 計劃的 側面 또는 運營管理的側面에서 分析의 方法에 의거考

察코져 할때는 그 都市의 交通網에 對한 細部的 分析資料 없이는 交通問題解決을 위한 어떠한 政策 方案도 구체적으로 提示될 수 없음이 經驗的 또는 理論的으로 강조되어 설명되고 있다.

이와같은 交通網을 分析함에 있어서 먼저 交通網의 性格과 機能에 依據하여 크게 道路交通網 (個人輸送交通網)과 大衆交通網 (固定路線의 大量輸送交通網)으로 分類될 수 있으며, 本 研究는 大衆交通網을 中心으로 하

\* 本學會理事·國土計劃技術士

여 經驗의 內容을 理論과 聯關시켜 EDPS 에 의한 交通網作成을 展開하면서 앞으로의 이와 유사한 作業遂行에 도움을 주고자 하는데 목적이 있다.

II. 大衆交通網作成의 對象 交通手段 및 範圍

大衆交通網 作成을 위한 對衆交通手段 및 範圍는 정해진 路線上에 一定間隔의 配車에 의거하여 運行되는 交通수단으로서 路線버스 ( 시내·市外·急行·座席·立席 ), 지하철, 전철, Ferry 등을 對象으로 하고 있으며 또한 이들은 반드시 輸送을 目的으로 運行되는 交通手段을 對象範圍로 하여야 한다.

1. 大衆交通網作成의 一般의 要件

交通網 作成의 目的은 앞서서도 言及되었지만 現存의 交通運營管理나 장래의 交通計劃 運營管理計劃 樹立의 基本된 資料로서 提供되어야 하는바, 이의 作成節次는 우선적으로 基本的 調查項目을 作成하고, 다음으로 大衆交通網圖를 作成하여 大衆交通網의 活用に 알맞는 分析을 거쳐 大衆交通網을 作成하는 順序로 作業이 遂行되어야 한다.

2. 大衆交通網 作成의 前提

大衆 交通網으로 作成되는 모든 Link 는 버스交 의 경우 可能한한 道路交通網과 一致되어야 할 것이다. 이는 都市內 道路網의 交通量 配分에 있어서 交通容量 算定에 必要한 要素로서 적용되기 때문이다. 또한 大衆交通網 作成은 앞으로 需要增加에 對備하여 새로운 交通網이 追加 또는 新設될 경우를 고려하고 폐쇄되어야 할 路線을 감안하여 作成되어야만 한다.

3. 大衆 交通網作成에 必要한 調查事項

① 路線別 運行形式 ( 普通, 特急 또는 座席, 入席等 )

② 乘換地點의 形態와 方法, 종착점 및 정류장의 正確한 지점 및 形態

③ 輸送手段別 運行特性

- 運輸會社別 路線名 또는 番號, 各路線의 街路上의, 運行經路
- 時間帶別 運行分布 및 配車間隔
- 運行時間別 ( 침두시간, 비침두시간 ) 最大, 最小, 또는 平均車頭間隔
- 配車間隔, 時間別, 區間別 運行時間
- 時間別 종착점에서의 정차시간 ( 다음 運行을 위한 準備時間 )
- 차종별 구성과 각 차종별 용량
- 運行性格別 路線別 運賃構造

III. 大衆交通網圖의 作成節次

大衆 交通網圖의 作成은 道路交通網圖 作成과 同時에 이루어져야 하는바, 이의 作成을 위한 順序와 方法은 다음과 같다.

1. 交通地區圖 作成

一般의 綜合的인 交通計劃을 樹立함에 있어서는 比較的 상세하게 作成되어야 하는바, 이는 土地利用上의 同質性에 의거 利用街路網을 감안하여 하나의 交通地區로 區分되어 作成되어야 할 것이다.

2. 大衆 交通網圖 作成

大衆交通網圖를 作成하기 위하여서는 우선 大衆交通의 手段別 路線網을 地圖上에 作成하여야 하는바, 이는 路線別 정차장, 종착점 등이 표시되어야 한다. 이들 路線들은 方向別로 作成되고 道路交通網과 一致될 수 있도록 Layout 가 되어야 하며 이를 基準으로 Line Map 과 Link Map 을 作成하여야 한다.

1) Line Map의 作成

모든 대중교통路線을 道路上에 圖化하여 各路線의 路線番號, 手段 등을 區分하여야 한다. 그리고 各路線의 정차장 위치가 路線別 또는 方向別로 相異할 때는 별도로 작성, 區分함으로써 앞으로의 Line 및 Link Map을 作成하는데 基礎資料로 提供되도록 하여야 한다.

2) Link Map의 作成

Link Map의 作成은 앞에서 예시된 Line Map에 의거 적정 지점에 Node를 설정하여 Link/Line Map을 작성하여야 하는바 이는 다음과 같은 사항이 고려되어야 한다.

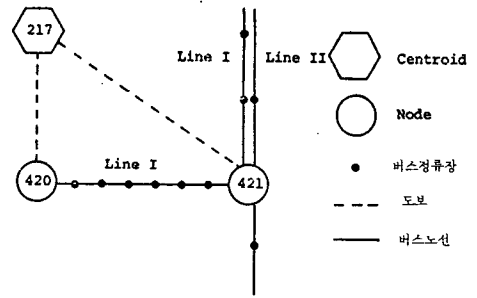
① Traffic Zone의 境界지점을 감안하여 Zone Centroid와 연결 시킬 수 있는 정차장에 Node를 설정한다.

② Node와 Link수를 가능한 줄이기 위하여 Merge/Diverge 지점을 表示하여 Link/Line Map을 간단하게 作成하고 分散된 정차장지점을 「그룹」化하여 Node를 設定한다.

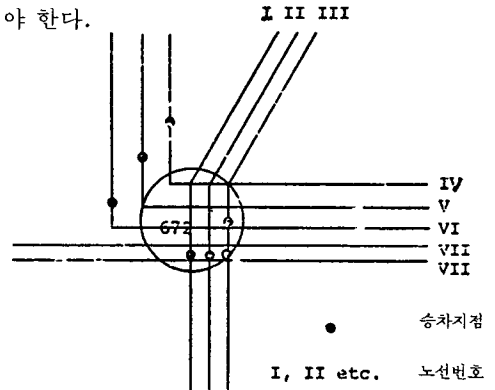
③ 實質的으로 가능한 Node와 Node: 와의도보 또는 갈아타기도보 Link의 설정한다.

④ Link Map을 작성함에 있어서 Node 설정의 유의 사항으로서 첫째는 Zone Centroid와의 關聯이 고려되어야 하는바 대 상하는 Node는 가능한 Zone Centroid에서 많은 乘客이 이용되는 경로를 통하여 연결될 수 있도록 작성되어야 하고, 도로연결이 方向 별로 정차장을 동시에 이용할 수 없을때는 Node:를 분리하여 설정한다. 이때, Centroid 에서 정차장까지의 도보 Link 거리는 가능한 최대도보거리로 하여야 하나 자동차를 이용할 수 있는 거리는 除外한다.

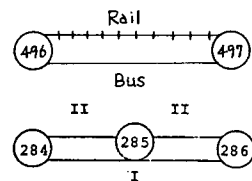
그리고 乘換지점에서의 Node: 설정에 있어



서는 여러개의 交通수단과 노선이 서로 다른 方向으로 운행되면서 어떤 지점에 이들 노선이 서로 集合되어 乘換이 이루어지기 때문에 Node의 設定은 이들 자기 노선의 正차장이 가장 많이 集합되는 平均距離地點에 設定하여야 한다.



또한 Link MAP을 作成함에 있어서 먼저 設定된 Node와 Node 사이에 서로 상이한 交通수단이 동일 Node에 正차할때는 동일 Node를 사용하여 서로 다른 Link로 표시하여 Node:를 설정함으로써 Node의 수를 줄이게 한다.



Line I 284 to 286  
Line II 284 to 285; 285 to 286

그러나 동일 交通수단이라도 노선별로 正차

장이 서로 틀릴 경우 별도의 Node 를 두어 서로 틀리게 Link 를 작성함으로써 사실과 가장 近接되는 Link Map 을 작성한다.

한편 Link Map' 을 작성함에 있어서 작성자는 다음과 같은 사항에 유의하여야 한다.

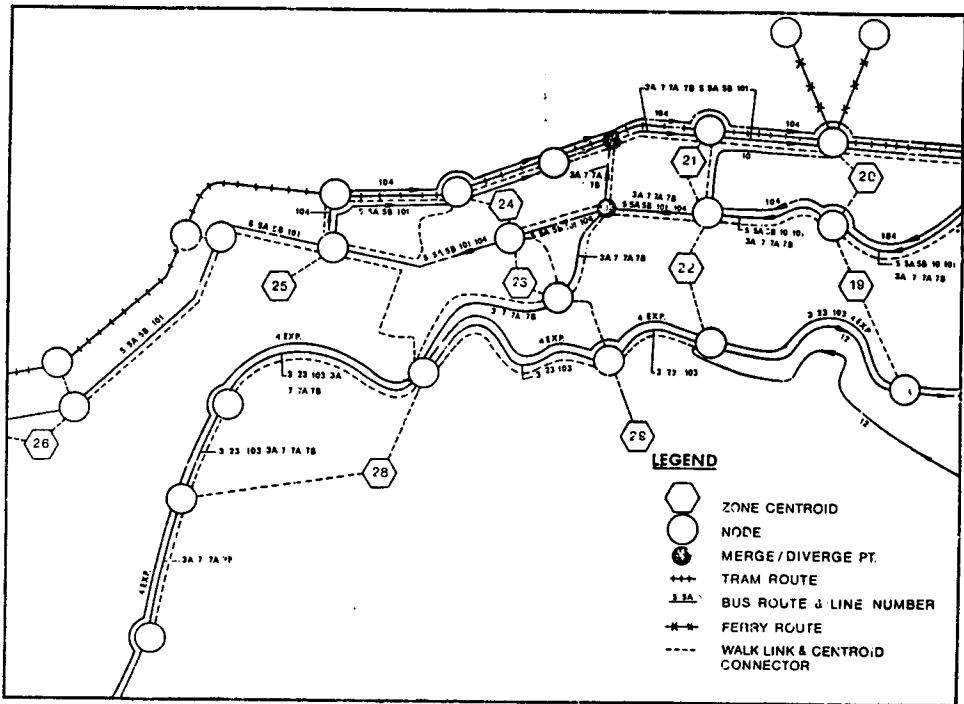
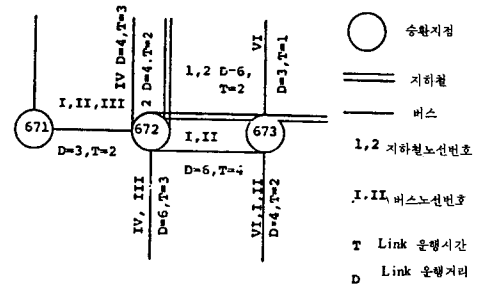
- Link 상의 대중교통운행시간을 컴퓨터 계산에 알맞도록 정리하고
- Link 의 연장을 컴퓨터 계산에 알맞도록 설정하여야 한다.
- 그리고 一方向 운행 Link 또는 양方向 운행 Link 를 구분하고 乘換지점이 구분될 수 있도록 작성하여야 한다.

3. 交通網作成을 위한 基本Parameter 의 設定

交通網의 作成은 電算模型 (Network Building Model) 에 의거하여야만 쉽게 作成

될 수 있는바 이는 Line Data 와 Link Data 를 同時에 입력 시켜 여러번의 檢討 分析을 거쳐 模型開發을 위한 信賴할 수 있는 大衆交通網이 樹立될 수가 있다.

이와같은 Network 의 作成에 있어서 必要한 Parameter 의 設定은 當該地域의 交通網 形成條件, 運行條件, 交通網圖構成에 의거 相異하게 나타나므로 이에 考慮되어야 할 諸般

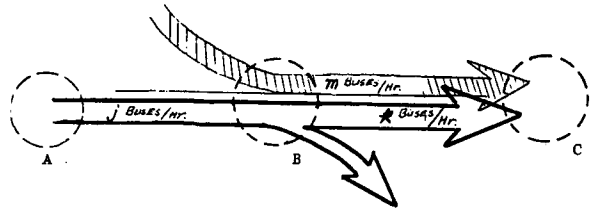


대중교통망의 링크 및 노선도 작성예

事項은 다음과 같다.

1) 최대대기시간

交通手段別, 路線別, 時間帶別 정차장에서 乘客이 대기할 수 있는 時間은 서로 상이하지만 乘客들이 어떤 交通手段을 이용하고자 할때는 對象하는 交通수단의 배차간격에 대한 상식을 이미 가지고 있으므로 全體 交通網에 대하여 모든 수단별, 노선별로 同一하게 적용될 수 있는 최대 대기시간을 우선 가정하고 이를 입력 시켜 몇 번의 Test 를 통하여 決定하여야 한다.



위의 그림에서

$$\left(\frac{j-k}{j} \times \frac{m}{m+k}\right)$$

가 乘換可能係數보다 클때 乘客은 B地點에서 다른 路線으로 乘換할 것이다. 이때 B地點에 있어서 m버스노선의 대기시간은 그들의 대기시간에다 위의 식에서 산출된 결과를 乘하면 도출된다. 그러나 이경우 乘換抑制係數 (Transfer penalty)는  $\frac{j-k}{j}$ 에 의거하여 자동적으로 감소된다.

2) 최소대기시간

실질적으로 어떤 정차장 대기시간에 있어서는 동일교통수단의 노선별 배차간격을 합한 실질대기시간이 적용되어야 하나 실질적으로 乘客에 있어서는 최소한 0.5분 이상이 소요되고 있다.

3) 대기시간계수

乘客이 실질적으로 정차장에서 교통수단을 이용하기 위해서 작용되는 심리적행위와 승차시간 및 승차를 위한 도보시간이 일반적으로 대기하는 시간보다 많이 소요되므로 이에 관한 것을 계수로 결정하여 적용한다. 즉 대기시간과 실질소요시간과의 차이배수로 결정되어야 하나 이것도 몇번의 Test 를 거쳐 결정하여야 한다.

4) 승환가능계수

어떤 交通手段을 이용하는 乘客이 임의의 지점에서 주어진 路線의 종착지점이 同一한 다른 路線으로 갈아타려는 가능성에 대한 계수로서 이를 도표로 표시하여 설명하면 다음과 같다.

5) 乘換抑制係數 (Transfer Penalty)

大衆交通利用乘客은 輸送時間 및 費用面에서 相當한 節約을 가져오지 않는한 中間에 利用路線에서 他路線으로 乘換하지 않을 것이므로 (부득이한 경우는 除外) 이는 利用乘客의 통행실정에 부합되고 既存通行의 패턴 (Travel Pattern)에 의거하여 費用 및 時間節約등을 감안하여 작성하여야 한다.

여기서 대기시간은 除外되었으며 輸送手段別 轉換率曲線에 의한 배분은 이들 手段들에 적용된 전환시간 및 費用節約을 고려하여 여러번의 Test 를 거쳐 작성하여야 한다.

6) 종착점 정차시간계수

이는 運行車輛의 往復時間을 산출하여 當該路線에 必要한 所要車輛需要를 計算하기 위한 것으로서 大衆交通의 路線運營管理分析에 活用된다.

이에 적용되는 方程式은 여러가지가 있으나 보통 직선상관망정식을 적용하여 가능하므로 다음과 같이 표시될 수 있다.

$$Y = A + BX$$

Y = 修正된 往復通行時間 ( 중착지점정차시간 包含 )

X = Coded Network 의 往復通行時間

A, B = Parmeter ( 실질자료에 의거 算出 )

### 7) 車輛容량의 入力

路線別 必要車輛臺數를 산출하기 위하여 적용되는 것으로서 車輛容량의 基準設定에 依據 서로 相異하게 적용될 수 있으나 이는 路線別의 乘客需要에 따라 一般적으로 다음과 같은 세가지 容량을 入力 시켜 結論을 導出한다.

- 최적조건的 容量
- 최악조건的 容量
- 中間水準的 容量

### 8) 최대차두간격

車輛需要算出과 密接한 關係에 있는 要素로 적용되는 것으로서 어떤 노선에 있어서 첨두시간의 차두간격이 30分以上이면 이는 當該 노선의 存在여부가 事實상 不必要하므로 이를 감안하여 가능한 最大許容值를 적용한다.

### 9) 차두간격의 범위설정

앞에서 言及된 車輛容量, 최대차두간격 등을 감안하여 적정차량용량을 결정하고자 적용되는 차두간격의 한계범위를 결정하는 것으로서 다음과 같이 설명될 수 있다.

- 中間용량차량의 차두간격 > 주어진 최대용량차량의 차두간격 일때는 大型容량의 車輛을 選擇하고
- 中間용량차량의 차두간격 < 주어진 최소용량차량의 차두간격 일때는 小型容량의 車輛을 選擇토록 한다.

끝으로 구하고자 하는 차량용량이 주어진 최대용량차량의 차두간격과 최소용량차량의 차두간격 사이에 있을때는 中間용량의 차량을 選擇토록 함으로써 차량용량과 차두간격의 적정화를 도모할 수 있을 것이다.

## IV. 大衆交通網分析 및 活用に 있어서 導出되는 結果

### 1. 關聯模型開發에의 活用

大衆交通網이 作成되어 道路交通網과 더불어 大衆交通計劃 및 運營管理計劃에 적용하기 위하여 應用되는 模型은 다음과 같다.

#### 1) Accessibility Mode

#### 2) Trip Attraction & Generation Model

#### 3) Time 및 Cost Matrices 의 算出 ( Modal Split )

### 2. Capacity Restraint Assignment 와의 關聯作業

大衆交通網에 依據하여 配分된 Bus 通行量은 路線이 經過하는 道路의 車輛 交通量과 함께 道路의 交通容量에 相當한 影響을 미치므로 Capacity Restraint Assignment를 수행하여야 하는바 이의 關聯內容은 다음 절차에 의거하여 수행되어야 한다.

· 路線상에 配分된 버스通行量에 의거 Bus 차량대수를 산출하고 이를 時間帶別로 P.C.U로 換算한다.

· 버스交通網에 依據하여 路線別 P.C.U臺數를 道路 Network에 결부될 수 있도록 作成되어야 한다.

· 道路Network는 앞에서 주어진 버스교통량을 Network의 Link에 配分시키고 다음으로 貨物交通量과 乘用車交通量을 制限된 容量에 充足할 수 있도록 配分作業을 수행하여

各道路의 V/C Ratio 를 算出한다.

3. 路線別 必要車輛臺數의 算出

路線別 車輛臺數의 算出은 장래 大衆交通手段의 運營管理指標과 交通計劃의 經濟性 評價에 必要資料로서 提出되어질 것인바 이의 검토절차는 다음과 같다.

- 1) 入力 資料로서 考慮되어야 할 事項
  - 노선의 往復通行係數로서

Distance	Time
Ad	At
Bd	Bt

- 許容될 수 있는 최대 차두간격 ; Hm
- 정책적으로 고려되어야 할 차두간격 ; Ha
- 차량용량 결정을 위한 차두간격 범위 ; Hs, Hb  
(一次的 試算을 위한 것임)
- 分析時點 ; P

2) 計算節次

첫째, 政策的으로 考慮되어야 할 차두간격 (Ha) 은 Network에서 사용된 차두간격으로서 이는 다음의 제약조건을 充足시켜야 한다.  $Ha > Hm$

둘째, 中間容량의 차량대수 (N) 산출

$$N = \frac{\text{최대부하량}}{\text{中間용량차량의 용량}}$$

따라서, 分析時點에서 要求되어야 할 차두간격 (Hreq.) =  $\frac{P}{N}$  로 산출된다.

만약 Hreq. 가  $Hs \leq Hreq. \leq Hb$  일때는 修正된 車輛의 容量이 使用되어야 하는바 이의 計算值가 Hs 보다 적으면 (一般的으로 Hb 보다는 크게 나타남) 최소용량의 차량을 사

용하기 위하여 다시 계산되어야 한다

이때 최소용량의 차량대수 N는 Hreq.에 의하여 산출 될 것이다.

끝으로 어떤 노선의 최소 차두간격 H는 Ha 와 Hreq. 가 최소가 되는 범위에서 결정되어야 한다.

3) 路線性格別 計算例

(1) 1方向 路線

① 수정된 노선거리  $Dc = Ad + Bd \cdot D$

② 총 통행시간  $Tc = At + Bt \cdot (T \cdot \frac{Dc}{D})$

③ 實質的 所要車輛臺數  $Na = \frac{Tc}{H}$

(2) 2方向 路線 (各 方向別 運行性格 이 相異할 때)

① 方向別 路線距離 (Di) 와 運行時間 (Ti) 는 修正된 후의 값을 사용한다.

$Dic = Ad + Bd \cdot Di$

$Tic = Ti \cdot \frac{Dic}{Di}$

다른 方向도 同一하게 적용시킴으로써

$Dc = Dic + Doc$

$Tc = At + Bt (Tic + Toc)$

② 實質的 所要車輛臺數  $Na = \frac{Tc}{H}$

(3) 2方向路線 (各 方向別 運行性格 이 同一할 때)

計算節次는 위의 나) 와 同一하나 Ad의 계산은 INPUT되는 값의 半을 적용하여 計算하면 Dic 와 Doc 가 산출되므로 이에 의거 實質的 所要 車輛臺數를 산출한다.

(4) 차두간격의 補完

以上 여러 段階의 반복작업에 의거하여 최종 차두간격의 補完은 다음 式에 의거 산출한다.

$$H = \frac{Tc}{Na}$$

4. 장래 버스운행속도의 추정

장래 도로조건과 교통소통 및 운용제도의 개선으로 승용차속도가 증가되면 동일 도로상에 운행되는 버스의 운행속도도 증가되어야 한다는 전제하에 관련 방정식에 의거 추정한다.

· 기준년도

$$T_B = \alpha T_{BL} + \beta T_{BR}$$

여기서  $T_B$  = 기준년도의 노선별 총 운행시간

$T_{BL}$  = 기준년도의 총 승하차시간

$T_{BR}$  = 기준년도의 노선의 총 운행시간

$$\alpha = \frac{T_{BL}}{T_{BL} + T_{BR}}$$

$$\beta = \frac{T_{BR}}{T_{BL} + T_{BR}}$$

· 計劃年度

$$T_F = \alpha T_{BL} + \beta T_{BR} \cdot \frac{B_{RS}}{F_{RS}}$$

여기서  $T_F$  = 計劃年度の 노선별 총 운행시간

$B_{RS}$  = 기준년도의 도로상의 승용차 운행속도

$F_{RS}$  = 計劃年度の 도로상의 승용차 운행속도

· 計劃年度の 버스 운행속도

$$S_F = S_B \cdot \frac{1}{\alpha + \beta \cdot \frac{B_{RS}}{F_{RS}}}$$

단,  $S_F$ 의 限界範圍는 -25%以上 +33%以下로 추정됨이 經驗의 예로보아 적당하다고 판단되었다.

여기서  $S_F$  = 計劃年度の 추정 버스운행속도

$S_B$  = 기준년도의 실질 버스운행속도

5. 導出될 수 있는 最終結果

앞에서 論議된 여러 INPUT資料와 여러 段階의 計算節次에 의거하여 交通計劃 및 運營管理計劃을 樹立함에 必要한 導出資料로서 最終結果로서 주요한 것은 다음과 같다.

- PASSENGER BOARDING & ALIGHTING AT NODE
- PASSNGER-KILOMETER BY ROUTE BY COMPANY BY MODE AND TOTAL
- AVERAGE TRIP LENGTHS BY MODE AND AVERAGE
- PASSENGER-HOUR BY ROUTE BY COMPANY BY MODE AND TOTAL
- AVERAGF TRAVEL TIME BY MODE AND AVERAGE
- TOTAL REVENUE AND EXPENSES BY ROUTE BY MODE BY COMPANY AND TOTAL
- NUMBER OF EQUIPMENTS FOR OPERATION BY ROUTE BY MODE BY COMPANY AND TOTAL
- FUTHUR BUS SPEED ESTIMATION

V. 結論

앞에서 論議된 大衆交通網 作成技法을 서울과 같은 大都市에 적용할 경우 費用, 期間 人員等 여러가지의 制約性이 있다고 할 수 있다. 이는 구체적인 大衆交通手段에 對한 根本的 資料가 체계적으로 정비되어 있지않고 많은 時間의 Computer가 가동되어야 하기 때문이다. 그러나 앞으로 大都市 交通을 運營 및 管理側面에서나 交通計劃의 政策代案을 구체적으로 提示하기 위하여서는 이와같은 一連의 作業이 綜合的으로 檢討되고 遂行되어야 할 것으로 思料된다.