

컴퓨터를 이용한 帶域制 電話網 (Hierarchical Telephone Network)의 最適設計에 관한 研究

宋一城 / 技術分析室

I. 序 論

地域間의 情報流通量이 增加하면 이의 充足을 위한 電話網의 全國的인 擴充은 必然的이며 이에 따른 施設投資規模는 尠大해진다. 따라서 效率的인 投資를 위하여 우선적으로 電話網을 適合하게 設計하여야 한다.

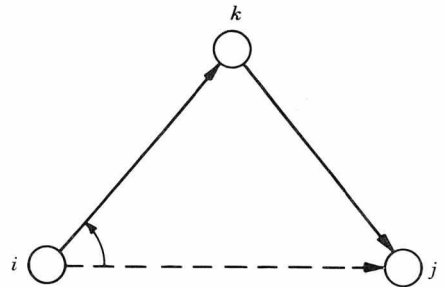
全國的인 電話網(National telephone network)은 經濟性에 비추어 帶域制(Hierarchy)로 構成하는 것이 一般的인 方法이다. 한편, 이에 따른 迂迴中繼路의 選擇, 區間別 適正回線數 算出 및 最適 伝送方式選擇 等은 反復作業(Iterative process)을 必要로 하며 데이터의 量이 尠大하고 計算過程이 複雜하므로 컴퓨터에 의하여 設計되어야 한다.

이에 本稿에서는 컴퓨터를 利用한 最適의 帶域制電話網 設計를 위하여 그 理論的 背景 및 適用方法 等を 論하고자 한다.

II. 問題의 定義

〈그림 1〉과 같은 단순한 형태의 電話網에서 $(i \rightarrow j)$ 區間 通話量을 運搬하기 위해서는 세가지 형태의 中繼路構成이 可能하다. 即, ① route $(i \rightarrow j)$ 로만 運搬되도록 구성(이를 Full direct route라 함), ② route $(i \rightarrow k \rightarrow j)$ 로만 運搬되도록 構成(이를 Full tandem route라 함), ③ 첫번째

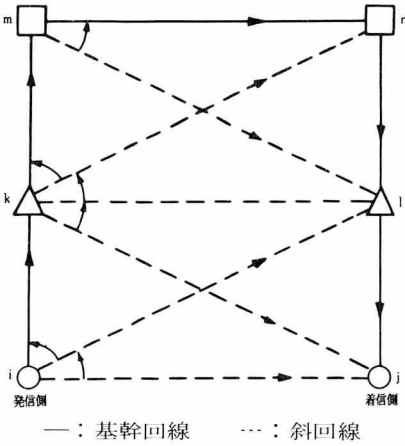
는 route $(i \rightarrow j)$ 로 運搬하며 여기서 빈 中繼線을 찾지 못하면 迂迴하여 route $(i \rightarrow k \rightarrow j)$ 로 運搬되도록 構成하는 方法이다. 이때 route $(i \rightarrow j)$ 를斜回線(High-usage route)이라 하며 route $(i \rightarrow k \rightarrow j)$ 를 迂迴回線(Alternate route)이라 한다.



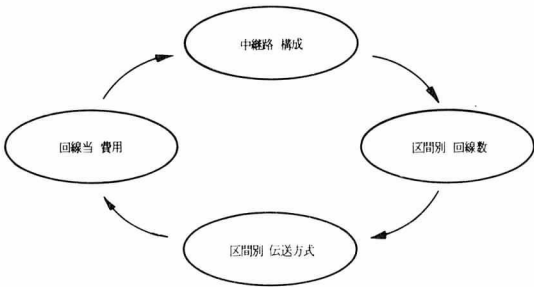
〈그림 1〉 단순한 형태의 전화망

이와같은 概念을 좀 더 擴張하면 〈그림 2〉와 같은 帶域制電話網에서의 迂迴中繼路를 생각해 볼 수 있으며, 本 研究에서 다루고자 하는 것은 〈그림 2〉와 같은 帶域制電話網에서 電話網 構成에 따른 總費用(Network cost)을 最小化하기 위한 中繼路의 構成方法, 區間別 適正回線數 算出 및 最適 伝送方式의 選擇 等を 通해 最適의 電話網을 設計하는 것이다.

한편, 電話網 設計에 關聯된 이들 사이의 相互關係를 圖示하면 〈그림 3〉과 같다.



〈그림 2〉 帶域制 電話網의 迂回中繼路

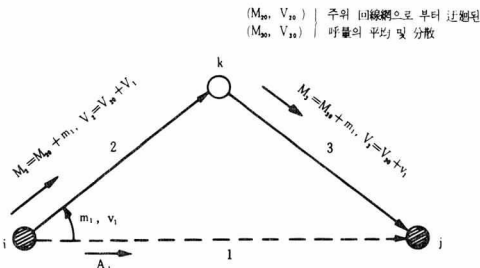


〈그림 3〉 電話網設計 相關要素들 사이의 相互關係

III. 適正回線數 算出 algorithm

1. 一段階 迂廻中繼인 경우

〈그림 4〉와 같은 一段階 迂廻中繼網에서 各 回路에 必要한 回線數를 各各 N_1, N_2, N_3 라고 하면 対象回線網의 總費用 C 는 다음과 같이 表示할 수 있다. 여기서 주의의 回線網은 固定된 것으로 가정한다.



〈그림 4〉 一段階 迂廻中繼網

$$C = N_1 C_1 + N_2 C_2 + N_3 C_3 + (M + m_1) S_s \dots \dots \textcircled{1}$$

$C_i, (i=1,2,3)$: 各 回路의 回線當 費用으로 回線費用 (Circuit cost) 과 交換費用 (Switching cost) 을 포함한 값

M : 迂廻呼量 m , 과 關係없이 中繼交換機 k 에 着信된 呼量

S : 中繼交換機 k 의 單位呼量 (Er.) 當 交換費用

基幹回線 N_2 와 N_3 는 斜回線 N_1 의 함수이므로

①式을 N_1 으로 偏微分하여 最適化할 수 있다.

$$\frac{\partial C_1}{\partial N_1} = C_1 + \frac{\partial N_2}{\partial N_1} \cdot C_2 + \frac{\partial N_3}{\partial N_1} \cdot C_3 + \frac{\partial m_1}{\partial N_1} \cdot S_s = 0 \dots \dots \textcircled{2}$$

여기서, 分散 對 平均比 ($\theta = V/M$) 를 導入하면, N_2 는 M_2 와 θ_2 의 함수로 表示할 수 있다.

$$N_2 = f(M_2, \theta_2) \dots \dots \textcircled{3}$$

③式을 N_1 으로 偏微分하면,

$$\frac{\partial N_2}{\partial N_1} = \frac{\partial N_2}{\partial M_2} \cdot \frac{\partial M_2}{\partial N_1} + \frac{\partial N_2}{\partial \theta_2} \cdot \frac{\partial \theta_2}{\partial N_1} \dots \dots \textcircled{4}$$

으로 表示된다.

$$\left. \begin{aligned} M_2 &= M_{20} + m_1 \\ \theta_2 &= \frac{V_2}{M_2} = \frac{V_{20} + v_1}{M_{20} + m_1} \end{aligned} \right\} \dots \dots \textcircled{5}$$

이므로,

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial M_2}{\partial N_1} &= \frac{\partial m_1}{\partial N_1} \\ \frac{\partial \theta_2}{\partial N_1} &= \frac{1}{M_2} \cdot \left(\frac{\partial v_1}{\partial N_1} - \theta_2 \cdot \frac{\partial m_1}{\partial N_1} \right) \end{aligned} \right\} \dots \dots \textcircled{6}$$

이 된다.

따라서 ④式의 $\partial N_2 / \partial N_1$ 을 다음과 같이 近似的으로 나타낼 수 있다.

$$\frac{\partial N_2}{\partial N_1} \approx \frac{\partial N_2}{\partial M_2} \cdot \frac{\partial m_1}{\partial N_1} \dots \dots \textcircled{7}$$

마찬가지 方法으로

$$\frac{\partial N_3}{\partial N_1} \approx \frac{\partial N_3}{\partial M_3} \cdot \frac{\partial m_1}{\partial N_1} \dots \dots \textcircled{8}$$

으로 나타낼 수 있다.

여기서, 回線數 N 에 加해진 呼量의 平均과 分散을 M, V 라 하고 迂廻呼量을 m, v 라 할 때 다음과 같은 最適化變數 (Optimizing parameter) 를 定義할 수 있다.

(1) 回線數變化에 對한 運搬呼量의 變化率 (Marginal occupancy, H)

$$H = \left[\frac{\partial (M - m)}{\partial N} \right]_{m, v} = - \left(\frac{\partial m}{\partial N} \right)_{m, v} \dots \dots \textcircled{9}$$

(2) 回線數變化에 對한 發信許容呼量의 變化率 (Marginal capacity, β)

$$\beta = \left(\frac{\partial M}{\partial N}\right)_{M, V} \dots\dots\dots ⑩$$

(3) 發信呼量의 變化에 對한 迂迴呼量의 變化率 (Marginal overflow, γ)

$$\gamma = \left(\frac{\partial m}{\partial M}\right)_{N, V} \dots\dots\dots ⑪$$

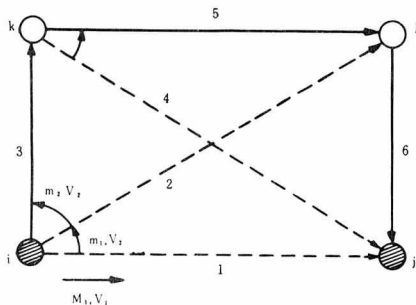
式 ⑨, ⑩, ⑪을 式 ②에 代入하여 ⑫式과 같은 最適化公式 (Optimizing equation)을 얻을 수 있다.

$$\frac{C_1}{H_1} = \frac{C_2}{\beta_2} + S_k + \frac{C_3}{\beta_3} \dots\dots\dots ⑫$$

式 ⑫로부터 斜回線의 回線數 N_1 을 算出할 수 있다.

2. 多段階 迂迴中繼인 경우

〈그림 5〉는 多段階 迂迴中繼網으로 세개의 斜回線 1, 2, 4와 세개의 基幹回線 3, 5, 6으로 構成되어 있다.



〈그림 5〉 多段階 迂迴中繼網

앞에서와 마찬가지로, 多段階 迂迴中繼網인 경우에도 呼量의 平均項 (M, m) 만을 考慮함으로 近似的인 最適化公式을 誘導할 수 있다.

〈그림 6〉과 같이 回線網을 構成하기 위한 總費用을 C 라 하면,

$$C = \sum_{i=1}^6 C_i \cdot N_i + (M_{30} + m_2) \cdot S_k + (M_{20} + M_{50} + m_1 - m_2 + m_4) \cdot S_l \dots\dots\dots ⑬$$

으로 表示된다.

〈그림 6〉에서 獨立回線인 斜回線이 세개 (N_1, N_2, N_4) 이므로 式 ⑬을 N_1, N_2, N_4 로 偏微分하여 總費用 C 를 最小化하기 위한 式 ⑭, ⑮, ⑯을 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$\left(\frac{\partial C}{\partial N_4}\right)_{N_1, N_2} = C_4 + C_5 \cdot \frac{\partial N_5}{\partial N_4} + C_6 \cdot \frac{\partial N_6}{\partial N_4} + \frac{\partial m_4}{\partial N_4} \cdot S_l = 0 \dots\dots\dots ⑭$$

$$\left(\frac{\partial C}{\partial N_2}\right)_{N_1, N_4} = C_2 + C_3 \cdot \frac{\partial N_3}{\partial N_2} + C_5 \cdot \frac{\partial N_5}{\partial N_2} + C_6 \cdot \frac{\partial N_6}{\partial N_2} + \frac{\partial m_2}{\partial N_2} \cdot S_k + \frac{\partial (m_1 - m_2 + m_4)}{\partial N_2} \cdot S_l \dots\dots\dots ⑮$$

$$\left(\frac{\partial C}{\partial N}\right)_{N_2, N_4} = C_1 + C_3 \cdot \frac{\partial N_3}{\partial N_1} + C_5 \cdot \frac{\partial N_5}{\partial N_1} + C_6 \cdot \frac{\partial N_6}{\partial N_1} + \frac{\partial m_2}{\partial N_1} \cdot S_k + \frac{\partial (m_1 - m_2 + m_4)}{\partial N_1} \cdot S_l \dots\dots\dots ⑯$$

式 ⑭, ⑮, ⑯에 앞에서 定義한 最適化變數 H, β, γ 를 代入하여 式 ⑰, ⑱, ⑲와 같은 最適化公式을 얻을 수 있다.

$$\frac{C_4}{H_4} = \frac{C_5}{\beta_5} + \frac{C_6}{\beta_6} + S_l \dots\dots\dots ⑰$$

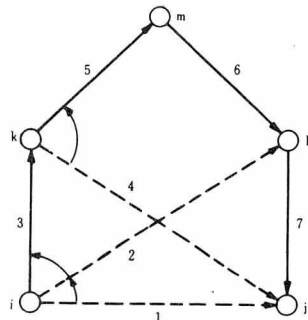
$$\left(\frac{C_2}{H_2}\right)_{i-j} = \frac{C_3}{\beta_3} + S_k + \gamma_4 \cdot \frac{C_4}{H_4} - \frac{C_5}{\beta_5} - S_l \dots\dots\dots ⑱$$

$$\frac{C_1}{H_1} = \gamma_2 \cdot \left(\frac{C_2}{H_2}\right)_{i-j} + S_l + \frac{C_6}{\beta_6} \dots\dots\dots ⑲$$

위의 最適化公式中 ⑱式은 route ($i-j$)로부터의 迂迴呼量에 對한 最適化公式으로 〈그림 5〉에서 交換局 l 에 屬한 交換局의 個數만큼 式을 얻을 수 있다. 따라서 route ($i-l$)에 對한 C_2/H_2 는 $(C_2/H_2)_{i-j, j \in l}$ 들의 加重平均値로 求할 수 있다. 여기서 加重値는 route ($i-l$)로 迂迴한 呼量을 攄한다. 한편, $(C_2/H_2)_{i-j} \leq C_2$ 인 경우는 route ($i-j$)로부터 迂迴한 呼量을 우선 route ($i-k-j$)로 運搬하는 것이 經濟的이다.¹⁰⁾

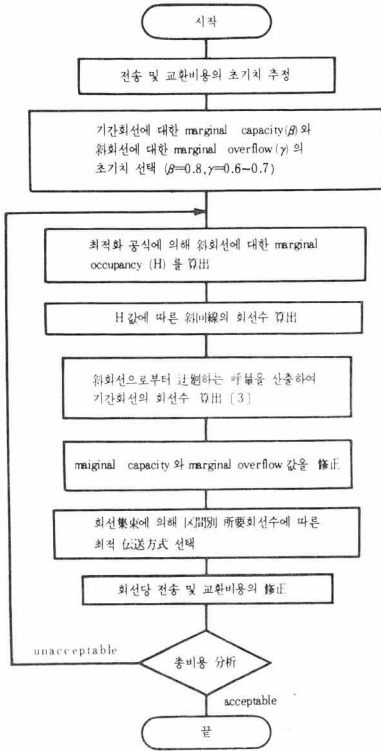
〈그림 2〉과 같은 3段階 帶域制電話網은 上位 2階位 ($m-n, k-l$)와 下位 2階位 ($k-l, i-j$)로 分解하여 最適化公式을 誘導할 수 있으며 〈그림 6〉과 같이 route ($k-l$)이 存在하지 않는 경우에는 斜回線 ($k-j$)에 對한 最適化公式을 式 ⑳과 같이 얻을 수 있다.

$$\frac{C_4}{H_4} = \frac{C_5}{\beta_5} + S_m + \frac{C_6}{\beta_6} + S_l + \frac{C_7}{\beta_7} \dots\dots\dots ㉑$$



〈그림 6〉

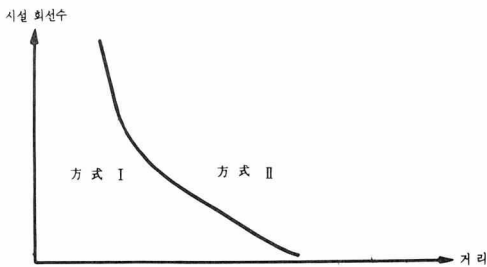
지금까지 誘導한 最適化公式으로부터 各 區間別 適正回線數를 算出하는 flowchart를 作成하면 <그림 7>과 같다.



<그림 7> 回線數算出을 위한 flow chart

IV. 最適伝送方式의 選擇

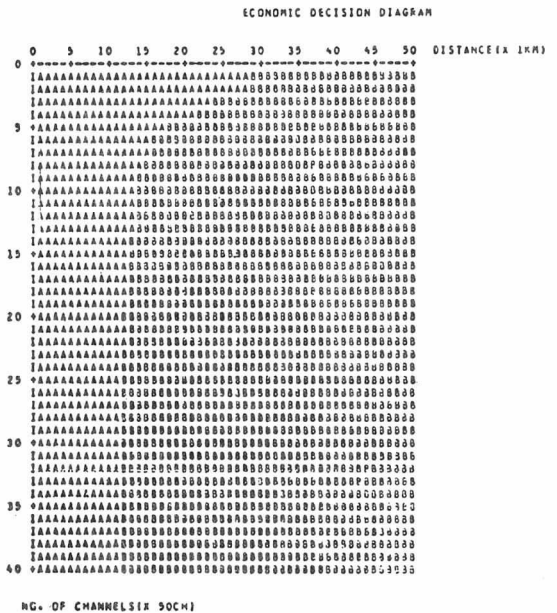
<그림 7>의 flowchart에 따라 初期作業에 의해 各 區間別 適正回線數를 算出한 後 管路計劃에 따라 回線을 集束(다발)하면 伝送施設區間別 所要回線數(出中繼回線과 入中繼回線 포함)를 얻을 수 있다. 따라서, <그림 8>과 같은 「伝送方



<그림 8> 伝送方式選擇基準圖

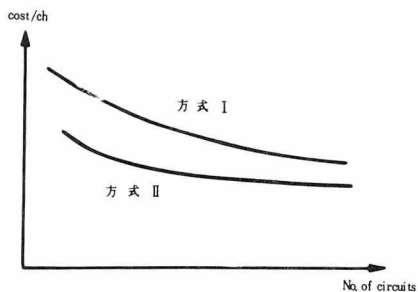
式選擇基準圖」를 利用하여 위에서 言及한 伝送施設區間別 最適伝送方式을 選擇할 수 있다.¹⁰⁾ <그림 9>는 0.65% 装荷케이블 方式(A)과 0.9% PCM T1C 方式(B)과의 經濟性比較에 의한 「伝送方式 選擇基準圖」를 보인 것이다.

各 伝送施設區間別 最適伝送方式이 選擇된 後 回線當 伝送費用을 算出하여 <그림 7>의 反復作業에 feedback 시킨다. 一般的으로 回線當 伝送費用은 施設回線數의 容量(Size)이 增加함에

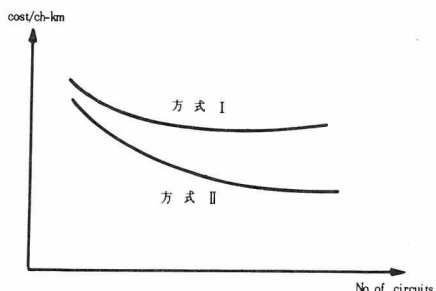


<그림 9> Computer output에 의한 伝送方式 選擇基準圖

따라 감소하는 傾向을 보이므로 <그림 10>, <그림 11>과 같은 施設容量別 伝送方式의 價格推移圖를 利用하여야 한다.¹¹⁾ 여기서, <그림 10>은 回線數에만 影響을 받는 裝備(Trunk circuit, 端局裝置, 端局中繼裝置等)의 回線當 價格을 施設回線數의 함수로 나타낸 graph이며, <그림 11>은 回線數 및 距離에 影響을 받는 裝備(케이블, 線路中繼裝置, 給電局, 管路等)의 回線當 價格을 施設回線數의 함수로 나타낸 graph이다.

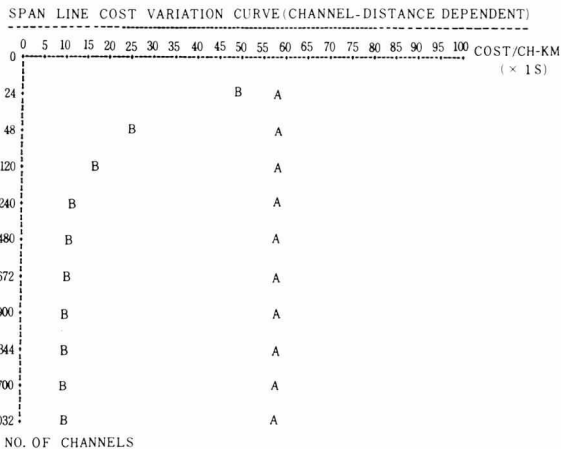


〈그림 10〉 伝送方式別 단말장비의 가격 추이도



〈그림 11〉 伝送方式別 선로장비의 가격추이도

한편, 〈그림 12〉, 〈그림 13〉은 施設容量別 伝送方式 價格推移圖의 computer output 을 보인 것이다. 여기서 'A' 는 0.65% 裝荷케이블 方式, 'B' 는 0.9% PCM T1C 方式을 표시한다.



〈그림 13〉

V. 結 論

以上으로 帶域制電話網의 最適設計을 위한 理論의 背景을 要約·說明하였으며, 컴퓨터 應用을 위한 作業 flow 를 소개하였다.

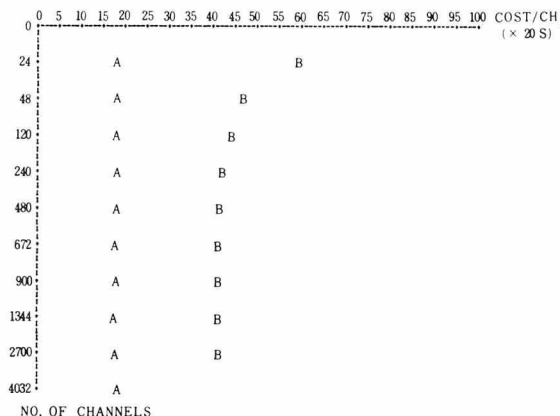
本稿는 大都市 및 全國通信網計劃에 利用이 可能하며 老대한 通信施設投資의 效率化에 기여할 수 있다.

本稿에서는 言及하지 못하였으나 回線集束을 위한 管路計劃도 함께 考慮함으로써 더욱 더 合理的인 電話網設計가 可能할 것이다.

参 考 文 献

1. 韓國通信技術研究所, HRTN (Computer Program for Hierarchical Routing Telephone Network) 使用法, 1979. 12.
2. 韓國通信技術研究所, ECOTS (Computer Program for Economic Comparison of Transmission Systems) 使用法, 1980. 12.
3. 宋一城, "Multi-Stage Alternate Routing System 의 回線網設計", 通信技術, Vol. 2, No. 3, 1980.
4. BTL, Transmission systems for Communication, 1969.
5. Collier, M. E., "Economic planning of transmission systems", Elec. Comm., Vol. 48, No. 1 & 2, 1973.

TERMINAL COST VARIATION CURVE (ONLY CHANNEL DEPENDENT)



〈그림 12〉

6. Farmer, R. F., Kaufman, I., "On the numerical evaluation of some basic traffic formula", Networks, Vol.8, 1978.
7. Flood, J. E., Telecommunication network, Peter Peregrinus Ltd., 1975.
8. ITU, Transmission planning of switched telephone network I & II, 1976.
9. Manucci, F., etc., "Computer procedure for optimal design of a hierarchical telephone network", Telecom. Journal, Vol.38, No.72, 1971.
10. Pratt, C. W., "The concept of marginal overflow in alternate routing", 5th ITC, New York, 1967.
11. Rapp, Y., "Planning of junction network in a multi-exchange area III. Optimum types of physical and carrier circuits", 5th ITC, New York, 1967.
12. Rapp, Y., "Separation of multiplex and physical circuits in trunk and local network", Eric. Rev., No.2, 1969.
13. Rapp, Y., "Some economic aspects on the long-term planning of telephone networks", Eric. Rev.
14. Wallstrom, B., "Methods for optimizing alternative routing networks", Eric. Tech., No.1, 1969.

