

## 網中繼線群 設計基準에 関한 考察

金煥善·姜顯九·申武湜 / 網計劃研究室

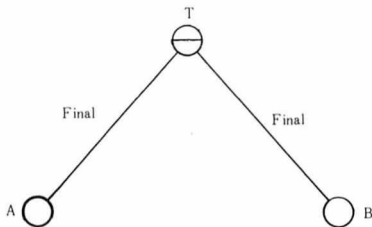
### I. 序 論

현재 Bell System에서 사용하고 있는 網中繼線群의 設計基準과 設計節次(Engineering Criteria For Network Trunk Groups and Design Procedure)를 檢討·紹介하였으며 아울러 中繼線群 設計와 關聯된 理論 및 用語를 定義하고 여러 種類의 中繼線群에 對해 設計節次를 記述 하였다.

### II. 用語의 定義

#### 1. 最終中繼線群(Final Trunk Group)

〈그림 1〉은 두개의 시내交換機 A, B간의 모



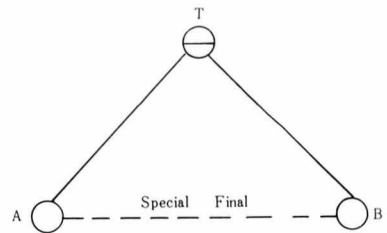
〈그림 1〉 最終中繼線群

든 通話量이 中繼交換機T를 經由하여 運搬되는 것을 보인 것이다. A와 B사이의 모든 通話量은 迂廻中繼 없이 中繼線群 A-T와 T-B를 經由하여 運搬되기 때문에 이 境遇의 中繼線群을 最終 中繼線群이라고 한다.

#### 2. 特殊最終(完全)中繼線群(Special Final (Full) Trunk Group)

〈그림 2〉에서는 시내交換機 A, B가 相互連結되어 있다. (A-B 간의 接선)

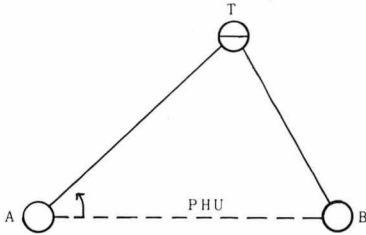
A와 B사이의 모든 通話量은 超過(Over flow) 또는 迂回中繼(Alternate routing) 없이 이 中繼線群으로 運搬된다. 이 境遇 A-B 간의 中繼線群을 特殊 最終中繼線群이라 부른다.



〈그림 2〉 特殊 最終中繼線群

3. 初期選擇 中繼線群(Primary High Usage Trunk Group)

A에서 B로의 通話量은 中繼線群 A-B에 一次로 인가된다. 이 中繼線群이 모두 占有되면 迂廻 中繼線群 A-T-B에 通話量이 인가된다. 이 境遇 中繼線群 A-B를 初期選擇 中繼線群 (PHU) 이라 부른다.

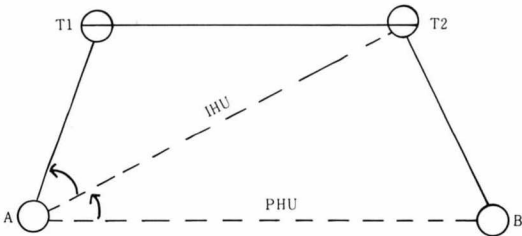


〈그림 3〉 初期選擇 中繼線群

4. 中途選擇 中繼線群(Intermediate High Usage Trunk Group)

시내交換機 A, B는 각각 中繼交換機 T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>에 歸屬(Home on)되어 있다. A와 B사이의 通話量은 먼저 A-B간의 初期選擇 中繼線群(PHU)에 인가된다. 이 中繼線群이 모두 占有되면 超過된 通話量은 A-T<sub>2</sub>간의 中途選擇 中繼線群으로 迂廻中繼된다.

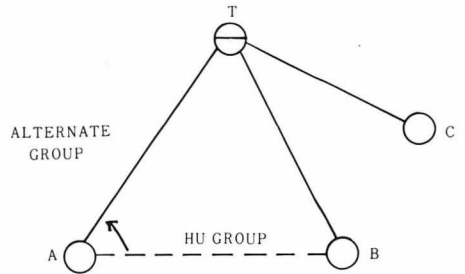
또 이 A-T<sub>2</sub> 中繼線群마저 占有되면 超過된 通話量은 A-T<sub>1</sub>간의 最終 中繼線群에 인가된다. 그리하여 中途選擇 中繼線群(IHU)은 다른 中繼線群으로부터 迂廻된 通話量을 收容할뿐만 아니라 다른 迂廻 中繼線群에 인가되는 超過 通話量을 만들어내기도 한다.



〈그림 4〉 中途選擇 中繼線群

5. 迂廻 中繼線上的 一次中繼 通話量(First Routed Traffic on an Alternate Route)

〈그림 5〉에서 中繼線群 A-T는 中繼線群 A-B로부터 超過된 通話量을 중계해주는 迂廻 中繼線群이다. 또한 이 中繼線群은 A와 C사이의 通話量에 대한 初期選擇 中繼線群이다. A와 C사이의 通話量은 迂廻 中繼線群 A-T上的 一次中繼 通話量이라고 부른다.



〈그림 5〉 迂廻 中繼線上的 一次中繼 通話量

6. 어랑損失公式(Erlang Loss Formula)

어랑損失公式(일반적으로 Erlang-B公式이라고 부름)은 Poisson 分布를 갖는 通話量을 運搬하기 위해 必要한 中繼線群의 규모를 決定할 때 이용된다. 이 公式은 다음과 같이 表現된다.

$$E(c, a) = \frac{\frac{a^c}{c!}}{\sum_{i=0}^c \frac{a^i}{i!}}$$

여기에서

E(c, a) : 過剩暴注率(Probability of congestion)

a : 인가通話量(Poisson分布)의 平均

c : 所要回線數

$$\sum_{i=0}^c \frac{a^i}{i!} = 1 + a + \frac{a^2}{2!} + \dots + \frac{a^c}{c!}$$

이 公式은 保留時間이 零(Zero)인 시스템에서 損失된 呼가 없어짐을 假定한 것이다.

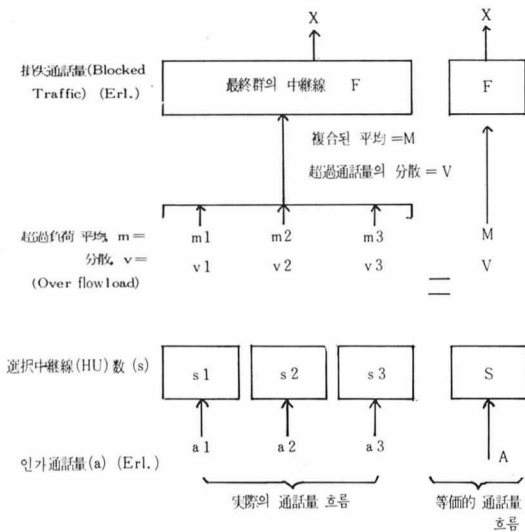
7. 異常分布因子(Peakedness Factor : Z)

異常分布因子는 인가通話量의 平均에 對한

分散의 比로 定義한다. 偶然發生的(Random)인 一次인가 通話量에 대한 異常分布因子는 1이며, 偶然發生的이 아닌(Nonrandom) 超過通話量(Overflow traffic)에 대한 異常分布因子는 1보다 크다. 超過 通話量은 偶然發生的이 아니므로 同一負荷에 대해 偶然發生的의 通話量의 境遇보다 더 많은 中繼線이 所要된다.

8. 等價的 偶然發生 換算理論(Equivalent Random Theory : ERT)

ERT理論은 많은 選擇 中繼線群(High Usage)으로부터 超過된 通話量을 처리하기 위한 中繼線群의 크기를 결정하는데 이용된다. <그림 6>은 이 理論의 適用예를 나타낸 것이다. 여기에서는 3개의 選擇 中繼線群으로부터 超過된 通話量이 最終 中繼線群에 가해지는 境遇이다.



<그림 6> 等價的 偶然發生 換算理論

負荷 a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub>는 각각 選擇中繼線群 s<sub>1</sub>, s<sub>2</sub>, s<sub>3</sub>에 인가된다.

3개의 中繼線群으로부터 超過된 通話量의 平均과 分散은 각각 (m<sub>1</sub>, v<sub>1</sub>), (m<sub>2</sub>, v<sub>2</sub>), (m<sub>3</sub>, v<sub>3</sub>)이다.

그러므로 3개의 超過通話量의 複合된 負荷(Combined load)는 다음과 같이 表示할 수 있는 平均(M)과 分散(V)를 갖게된다.

$$M = m_1 + m_2 + m_3$$

$$V = v_1 + v_2 + v_3$$

이때 複合된 超過通話量의 異常分布因子 Z는 다음과 같이 주어진다.

$$Z = \frac{V}{M}$$

이로부터 等價的 偶然發生 換算理論을 利用하여 다음과 같은 節次에 따라 最終呼損率을 滿足시키는 最終 中繼線群의 回線數F를 計算한다.

一段階: <그림 6>의 等價模型(Equivalent diagram)에 대한 'A'와 'S'를 計算한다. 等價的 偶然發生計算 理論에서는 3개의 選擇 中繼線群(High Usage Trunk Groups)으로부터 超過된 複合通話量이 'A'라는 偶發 발생적통화량(Random load)에 인가된 'S'라는 假想的 中繼線群(Virtual Trunk Group)의 超過 通話量과 같다고 假定한다.

그리하여 Rapp의 公式을 利用하여 A를 計算한다.

$$A = V + 3Z(Z - 1)$$

二段階: 다음 式을 利用하여 S를 計算한다.

$$S = A \left( \frac{M+Z}{M+Z-1} \right) - M - 1$$

三段階: 다음 두 式중 하나를 利用하여 呼損이 許容되는 通話量X를 計算한다.

$$(i) X = (M) (B)$$

$$(ii) X = (A) (B)$$

여기에서 B는 最終呼損率(Blocking objective)로서 보통 0.01로 假定한다. (Bell System에서는 公式 (i)을 利用하고 있다.)

四段階: 1) 三段階에서 式(i)를 利用하였을 경우에는 偶發 발생적이 아닌 通話量(Nonrandom traffic)에 대해서 Wilkinson表를 参照, Z, B, M값들을 利用하여 最終 中繼線群에 필요한 中繼線數 F를 決定한다.

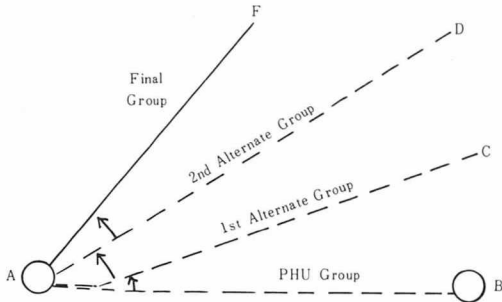
2) 三段階에서 式(ii)를 利用하였을 경우에는 平均과 分散表를 利用하여 인가통화량 A와 超過通話量 X에 대해 必要한 總 中繼線數 C를 구한 다음 F=C-S에 의해서 最終 中繼線群에 必要한 中繼線數 F를 決定한다.

9. 費用比(Cost Ratio : R)

이 比는 選擇 中繼區間에서의 한 回線 增設에 소요되는 費用에 대한 迂廻中繼區間에서의 한

回線 增設에 소요되는 費用의 比이다. 이때 適用되는 費用은 年間 平均 增加費用이다. 이 比는 選擇 中繼線群과 最終中繼線群의 設計 및 分析에 이용되고 있다.

10 經濟的인 CCS (Economic CCS=ECSS)



〈그림 7〉 中繼線群

經濟的인 CCS란 初期選擇 中繼線群(PHU) 또는 中途選擇 中繼線群에서 選擇 中繼線群에서 의 最終回線(Last trunk)에 의해서 運搬되는 가장 經濟的인 負荷를 의미한다. 〈그림 7〉에서 中繼線群 A-B는 初期選擇 中繼線群이고, A-C, A-D는 각각 一次와 二次 迂廻 中繼線群이라 불리는 中途選擇 中繼線群을 나타내고 있다.

初期選擇 中繼線群 A-B에 대한 經濟的인 CCS는 다음 式을 利用하여 計算된다.

$$ECSS = \text{一次迂廻 中繼線群에서의 增設된 中繼線當 負荷 / 費用比}(R)$$

여기에서 費用比 R은 一次迂廻 中繼線群과 初期選擇 中繼線群과의 所要費用에 대한 比이다.

二次迂廻 中繼線群上의 增設된 回線當 負荷 및 一次와 二次迂廻 中繼線群사이의 費用比(Cost ratio)를 利用하여 비슷한 方法으로 一次迂廻 中繼線群에 대한 經濟的인 CCS를 計算할 수 있다.

III. 設計基準과 設計節次

1. 最終 中繼線群(Final Trunk Group)

〈그림 1〉에서 A와 B사이의 모든 通話量은 最終 中繼線群 A-T, T-B에 의해서 運搬되며, A와 B사이에 直通回線은 提供되지 않는다.

이런 類型의 配置는 두 전화국간의 通話量이 最少한 3回線(長距離는 6回線)의 直通回線 設置를 正常化하기에 충분분한 경우, 또는 費用比 R이 1.5未滿일 경우에 適用되는 設計基準이다.

(Bell System에서는 最終 中繼線群 A-T, T-B에 대해 等價的 偶然發生換算理論(Equivalent Random Theory)를 適用, 呼損率 0.01로 假定하여 設計하고 있다.)

2. 特殊最終(完全) 및 選擇 中繼線群(Special Final (Full) and High Usage Trunk Groups)

〈그림 2, 3, 4〉에서처럼 두 전화국 사이의 通話量이 直通回線의 設置에 충분하다고 假定할때 이 경우는 特殊最終 中繼線群 또는 選擇 中繼線群으로 설계될 수 있다. 이런 것에 대한 選擇은 다음 節의 決定法則(Decision Rule)에 따르게 된다.

가. 特殊 最終群 대 選擇 中繼線群

選擇 中繼線群은 費用을 절감시키거나 또는 서비스 保護目的(Service protection objectives)을 위하여 特殊 最終 中繼線群으로 설계한다.

(1) 費用節減

選擇 中繼線群은 網費用의 節減을 위하여 特殊 最終 中繼線群으로 設計한다.

(2) 서비스 保護目的

서비스 保護目的은 選擇 中繼線群上에 20%의 過負荷(Overload)가 있을 때 迂廻 中繼線上의 一次 中繼 通話量의 損失率을 5%이내로 制限하는 것이다. 이런 目的이 만족되지 않으면 選擇 中繼線群은 特殊最終 中繼線群으로 設計한다.

(3) 特殊 最終群 대 選擇 中繼線群에 대한 決定法則(Decision rule)

아래에 記述한 決定法則에는 費用節減과 서비스 保護目的 양자 모두가 고려된다. 이 決定法則에는 大都市 및 長距離區間 모두에 適用된다.

이 法則을 利用하기 위해 필요한 정보는 特定 選擇 中繼線群의 費用比 R과 인가 負荷의 異常 分布因子 Z이다.

다음과 같은 수학적 表現式을 利用하여 임계 인가부하(Critical Offered Load)-즉, 選擇 中繼線群(High Usage Group)이 特殊最終群으로 轉換되어야 하는 負荷-를 決定한다. 임계 인가 負荷의 表現式은 다음과 같다.

임계인가부하(CCC로 표시) =

$$\text{Min} \left[ \underbrace{179 + \frac{6499}{R^2}}_{e_1}, \underbrace{148 + \frac{3884}{Z^2}}_{e_2} \right]$$

즉, 임계 인가부하는  $e_1, e_2$  항 중의 적은 값으로 결정된다.

$e_1$  항은 經濟的인 한계점 (Break-even point) 를 나타낸다.

선택중繼群(HU Group) 위에 인가된실제의 負荷가  $e_1$  보다 크면 選擇中繼群을 特殊 最終群으로 설계함으로써 費用節減을 가져올 수 있다.

$e_2$  항은 選擇 中繼群으로부터 超過負荷가 있을 때 迂廻 中繼群上의 一次中繼 通話量을 堪當하여 서비스 保護를 滿足하기 위한 負荷의 上限限制値를 나타낸다. 選擇 中繼群上의 실제인가 通話량이  $e_2$  보다 크면 서비스 保護目的을 滿足시키기 위하여 選擇 中繼群을 特殊 最終群으로 設計하는 것이 요구된다. 임계인가부하보다 적은 負荷가 인가되는 直通 中繼線群은 選擇 中繼群(HU Group)으로 設計하는 것이 바람직하다.

나. 特殊最終群의 크기 決定

中繼群上의 負荷가 오직 一次로 인가된 通話量이거나 또는 Poisson 分布를 갖는 通話量일 경우 Erlang-B 公式를 이용하여 特殊 最終群의 크기를 決定한다.

한편, 中繼線群上의 負荷가 超過 通話量을 포함하고 있다면 이 경우에는 等價의 우연발생 환산이론을 適用한다. 모든 경우에 있어서 最終呼損率은 0.01로 假定한다.

選擇 中繼線의 크기 決定: 우선 選擇 中繼線群上의 最終回線 (Last trunk)에 의해 運搬되는 가장 經濟的인 負荷 (ECCS)를 決定한다.

크기가 결정된 中繼線群이 初期選擇 中繼群

(PHU Group)이면 이 경우에는 Erlang-B 公式를 이용하여 總 中繼線數를 決定하면 된다.

반면에, 크기가 決定된 中繼線群이 中途選擇 中繼線群 (IHU Group)이면 이 경우에는 등가적 우연발생 환산이론에 기초를 둔 表를 이용하면 된다.

모든 경우에 있어서 最終 呼損率은 0.01로 假定한다.

IV. 結 論

현재 Bell System에서 適用되고 있는 網中繼線群 設計基準과 設計節次를 檢討·紹介함으로써 우리나라의 網中繼線群 設計에 이용될 수 있을 것이며, 향후 이러한 設計基準들을 더욱 補完發展시킴으로써 우리나라의 中長期 通信網計劃時 適用 가능하리라 期待된다

參 考 文 獻

1. Engineering and Operations in the Bell System, Bell Laboratories, Inc. 1977
2. Mina, Rames R., Introduction to Teletraffic Engineering, Telephony Publishing Co.
3. Wilkinson, R. I., Nonrandom Traffic Curves and Tables For Engineering and Administrative Purposes, Bell Laboratories, Inc.
4. Traffic Facilities Practices, Division G, Bell Laboratories, Inc.
5. Christian Jacoboebus, Network Planning Research carried out by Yngve Rapp.