

# 로드·밸런스(Load Balance)分析에 의한 回線の 適定配分

金鎮鎬 / 電子計算室

## I. 序 論

스위칭 스텝(Switching step), 局間中繼구간, 혹은 市外中繼구간에 대해 매년 龐大한 예산을 투입하여 通話의 원활한 소통을 위해 재배치 공사를 시행하게 되고, 이는 通話量의 變動에 의한 것으로 당연하게 받아들여 진다.

그러나 정확한 通話量의 흐름, 그레이딩(Grading)方法, 回線 하나하나에 加해지는 通話量의 파악이 없이는 타당성있는 回線の 재배치는 어렵다.

回線 하나하나에서 운반되는 통화량(Carried traffic)은 재래적인 目測에 의한 測定으로는 정확한 資料를 얻기가 불가능하므로 ICUP(Individual circuit usage and pegs) 측정기에 의해 측정하여 복잡한 계산과정을 거쳐야 한다.

이에 本稿에서는 자동교환기에 대해 컴퓨터를 利用한 로드·밸런스 分析에 의하여 適定回線數 산출 그레이딩 變경에 대한 이론적 배경 및 그 適用에 關하여 논하고자 한다.

## II. 問題의 定義

<그림 1>과 같은 단순형태의 그레이딩에서

- hunting capacity : K (이용도)
- inlet groups : g (그레이딩 군수)
- outgoing trunk : n (출중계 회선수)

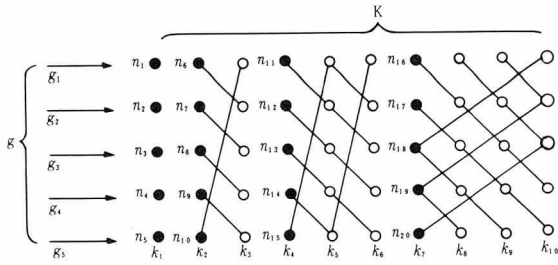
이라 정의하고 그레이딩 군수 g 및 이용도 K가 不變이라 가정한다면 通話量의 變化에 따라 出中繼 回線數 n의 증감과 이에 따른 그레이딩의 變경이 豫상된다.

현재 자동교환기에서 그레이딩 군수는 30개의 스위치를 공통(Common)으로 연결한 한개의 랙(Rack)을 한개의 군으로 대부분 利用하고 있고, 그레이딩 方法은 얼터너티브 그레이딩(Alternative grading)과 트랜스포지션 方法(Transposition method)이 適用되고 있으며 결선 方法은 출중계 負荷의 均일화 및 누화의 감소를 위하여 斜線결선(Diagonal interconnection)方式이 채택되고 있다.

이와같은 조건하에서 ICUP 측정기에 의해 測定된 通話量을 利用하여 그레이딩 군수 5, 출중계 회선수 100, 이용도 30에서의 실제구간에 대한

- offered traffic의 추정
- 호손율 1%에서의 소요회선수 산출
- 로드·밸런스 분석
- 故障回線에 對한 影響분석

을 수행하여 회선의 적정 재배치 문제를 해결 해보고자 한다.



〈그림 1〉 단순형태의 그레이딩

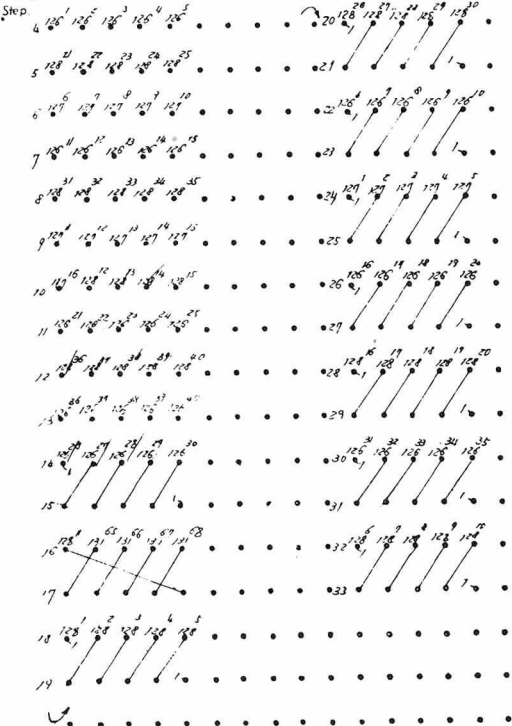
### III. 回線의 Load Balance 分析

한 回線 그룹內에서 回線 하나하나에 配分되 는 通話量은

- 스위치의 그레이딩방법 및 그 위치
- hunting 방법
- 回線의 故障여부 및 그 위치에 따라 各各 다르게 나타난다.

Rack No 427 530 531 532 533

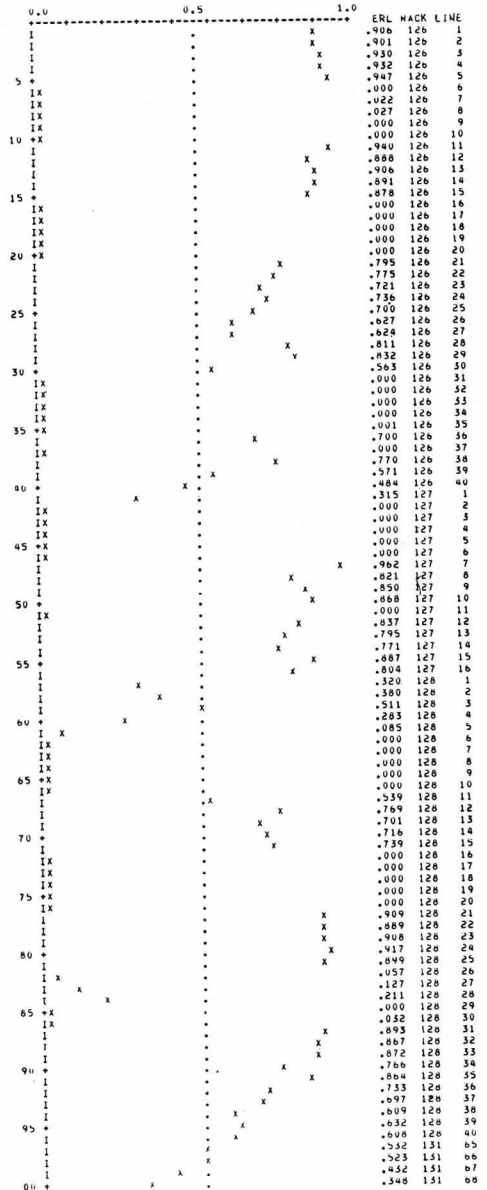
Decade 2



〈그림 2〉 그레이딩 도면

〈그림 2〉는 分析하고자 하는 구간의 그레이딩 도면이고, 〈그림 3〉은 이 그레이딩에 의해 通話量이 回線別로 配分된 상태를 그래프로 나타낸 것이다.

〈그림 3〉에서 회선당 평균통화량은 0.462 [Erl] 이나 0.1[Erl] 미만인 회선이 전체의 36%에 해당하고, 0.6[Erl] 이상인 회선도 전체의 49%나 차지하고 있어 負荷의 심한 불균형 상태를 보여주고 있다.



〈그림 3〉 回線別 通話量 分布

回線別 通話量 分布 상태를 살펴보면 <그림 3>에서 다음과 같이 나타난다.

通話量	비율	通話量	비율
0.0이상~0.1미만	36	0.5이상~0.6미만	6
0.1이상~0.2미만	1	0.6이상~0.7미만	6
0.2이상~0.3미만	2	0.7이상~0.8미만	15
0.3이상~0.4미만	4	0.8이상~0.9미만	17
0.4이상~0.5미만	2	0.9이상~1.0이하	11

<表 1> 通話量 分布상태

IV. 適定回線數의 評價

시설된 회선의 수가 적정한가의 문제는 호손율(Blocking probability)을 추정하고 이에 대해 더해진 通話量(Offered traffic)을 測定된 通話量에서 도출해냄으로써 評價할 수 있다.

<그림 3>에서 100回線에 처한 通話量은 운반된 通話量(Carried traffic)으로 free인 회선을 찾지못해 loss된 通話量은 제외된 값이다.

소요회선수의 산출에는 loss된 값까지 포함한 offered traffic을 이용해야 하고, 이 traffic은 MPJ(Modified Palm-Jacobeous)공식을 이용하여 구할 수 있다.

$$A_{MPJ}(N, K, B) = \frac{A_0}{1-B} (1-B(A_0, N))$$

$$B = \frac{B(A_0, N)}{B(A_0, N-K)}, B(A_0, N) = \frac{A_0^N/N!}{\sum_{i=0}^N (A_0^i/i!)}$$

여기서

$A_0$  : Carried traffic에서  $K=N$ 으로 적용하여 구한 offered traffic

$N$  : 回線數

$K$  : 이용도(Availability)

$B(A_0, N)$  : Erlang loss 공식으로,  $A_0$ 와  $N$ 이 주어졌을 때의 loss율

이 식으로 부터  $A_0$ 의 값을 變化시켜 가면서 loss율을 구하여 carried traffic이 같은 offered traffic  $A_0$ 를 얻는다.

그러나  $A_0$ 값은 일반적으로 Newton's iteration method를 이용하여 근사값에 접근하는 방법으로 다음과 같이 구한다.

回線數  $N$ 과 carried traffic  $A_c$ 가 주어지면

$$\phi(A_0) = A_0[1-B(A_0, N)] - A_c = 0$$

가 成立되므로 이를 편미분하여

$$\frac{\partial \phi}{\partial A_0} = 1 - B(A_0, N) [1 + N - A_0 + A_0 B(A_0, N)]$$

을 쉽게 얻을 수 있고, 반복법으로 변형하면

$$A_{K+1} = A_K - \frac{A_K [1 - B(A_K, N)]}{1 - B(A_K, N) [1 + N - A_K - \frac{-A_c}{A_K B(A_K, N)}]}$$

$$K=1, 2, \dots$$

가 되고, 초기치

$$A_1 = N$$

$$B(A_1, N) = \frac{24}{16 + \sqrt{2\pi/N} [1 + 12N]} \approx \sqrt{2/\pi N}$$

을 넣어 반복 계산하면서 error  $\epsilon = |A_K - A_{K+1}|$ 이 0.00001[Erl] 이하이면 이때의  $A_{K+1}$  값을  $A_0$ 로 택한다.

회선수  $N$ 과 이용도  $K$ 가 같을때 ( $K=N$ )에는 이  $A_0$ 값이 offered traffic이 되나, limited availability( $K \neq N$ )에서는 offered traffic  $A(N, K, B)$ 를 구하기 위해서 다시 linearization point

$$N_{LIN} = \begin{cases} K^2 & \text{for } K \leq 10 \\ 10K & \text{for } K > 10 \end{cases}$$

으로 놓았을 때

$N > N_{LIN}$ 이면

$$A(N, K, B) = \frac{A(N_{LIN}, K, B)}{N_{LIN}} \cdot N$$

으로 얻고,  $N \leq N_{LIN}$ 이면  $A_{MPJ}(N, K, B)$ 를 대입하여

$$A(N, K, B) = A_{MPJ}(N, K, B) - 0.3 \left(\frac{N}{K} - 1\right)^2 \cdot \frac{K-2}{60+4K} \cdot \frac{1-B}{1+KB^2}$$

로 얻는다.

<그림 3>에서 offered traffic은 回線의 과잉으로  $B=0$ , offered traffic  $A_0 =$ carried traffic  $A_c$ 의 관계가 되어 46.2[Erl]으로 계산된다.

소요회선수는  $K=30$ ,  $A_0=46.2$ [Erl], 호손율  $B=1\%$ 에서 구하면 37회선이 된다.

이 通話量은 測定시기 및 故障發生率 등을 고려해서

- 안전지수 : 1.1 (10%)
- 최대변동지수 : 1.1 (10%)

을 곱하여 최대치를 55.9[Erl]으로 잡을때 유휴 회선은 25回線으로 판정된다.

V. 故障回線에 의한 影響

回線의 故障상태는 ICUP 측정자료에서 Busy, Idle, Exception回線으로 분류된다.

가. Busy 回線

占有가 不可能한 回線으로 1초 scanning으로 1시간 동안 측정했다면 usage / peg 가 3600/0000으로 나타남.

나. Idle 回線

단선(Open) 등의 원인으로 發生되고, 1초 scanning으로 1시간동안 측정했을 경우 usage/peg 가 0000/0000으로 나타남. 그러나 이는 시설 과잉으로 回線이 남을 경우와 측정 연결선의 단선(접촉불량)에 의해서도 發生한다.

다. Exception 回線

이 回線은 占有는 자주 일어나나 그 占有時間이 짧거나 긴 回線으로 평균보유시간을 비

교해서 고장여부를 판단하며, 보통 peg가 5개 이상일 때 평균 보유시간이 5초 미만이거나 300초 이상인 경우로 설정한다.

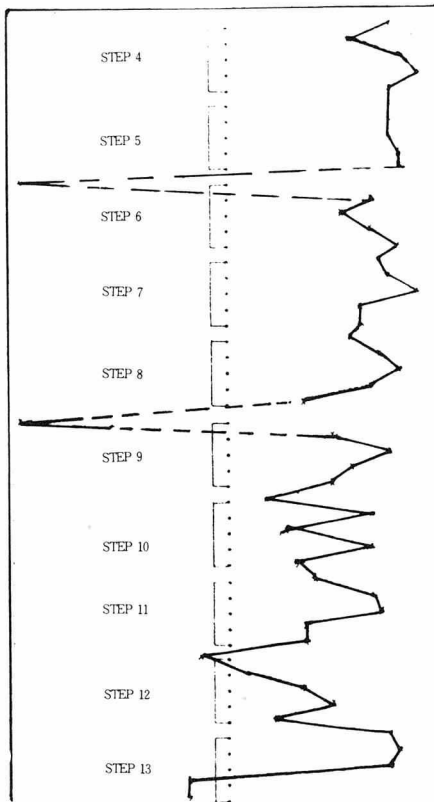
이러한 故障回線에 의한 영향은 offered traffic의 變化, exception이나 busy回線의 증가 및 그 위치, hunting方法, 그룹의 크기등에 따라 각각 다르게 나타난다.

〈그림 3〉의 100回線 그룹에서 故障回線으로 판명된 回線이 단독 출중계 회선을 갖는 step 4 ~ step 13 사이에서 發生하였을 때의 分布를 〈그림 4〉와 〈그림 5〉에 각각 도시 하였다.

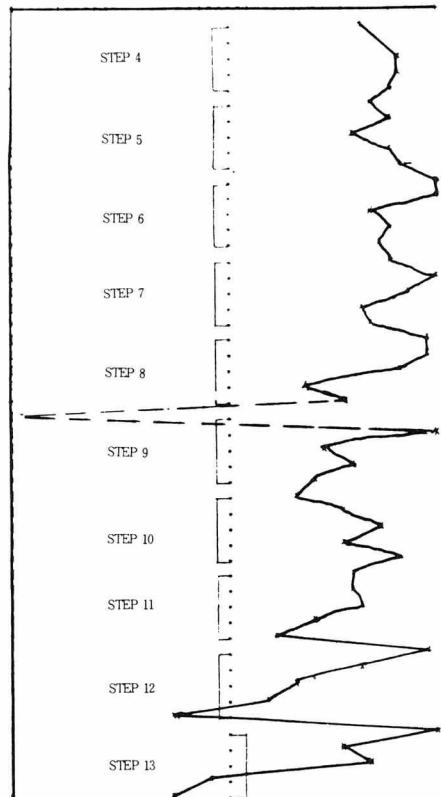
〈그림 4〉와 〈그림 5〉에 대한 통계를 비교해보면

	2회선 Idle일때	5회선 Busy와 1회선 Idle일때
$\mu$	0.77 [Erl]	0.814 [Erl]
$\sigma^2$	0.42 [Erl]	0.034 [Erl]
6	0.204 [Erl]	0.185 [Erl]

와 같이 계산된다.



〈그림 4〉 2回線 Idle 일때의 load 分布



〈그림 5〉 5回線 Busy 와 1回線 Idle 일때의 load 分布

VI. 回線の 適定配分

回線を 적절하게 配分시키는 문제는 入力段 (Source group)의 通話量을 適定分配하여 回線을 할당함으로써 성취된다.

〈表 2〉는 source group 의 각 그룹별로 加해진 通話量이다.

〈表 2〉에서 通話量의 分布는 그룹 1, 2, 5, 3, 4의 순으로 편중된 현상을 보여준다.

Group 번호	Rack 번호	회선수	통화량	회선당 통화량
1	529	30	11.489	0.383
2	530	30	11.194	0.373
3	531	30	8.101	0.270
4	532	30	7.528	0.251
5	533	25	7.835	0.313
계 혹은 평균		145	46.147	0.318

〈表 2〉 Source group 의 통화량 배분상태

이는 現在の 그레이딩을 分析하기 이전에 前段의 그레이딩부터 수정할 필요가 있음을 의미한다.

그러나 전 전화통신망의 그레이딩을 한번에 수정하기는 불가능하므로 前段에서 回線의 配分이 잘못되었다 할지라도 현 단계의 配分을 끌고 루 함으로써 回線의 효율 및 소통에 기여할 수 있다.

전 단계의 분산은 1.01, 표준편차는 0.318로 계산되었다.

〈그림 2〉에서 그레이딩 상태는

- 독립된 출중계 스텝 : 10
- 2 개의 출중계선을 공통으로 사용하는 스텝 : 10

으로 짜여져 있고, 이 그레이딩에 의한 출중계 그룹의 通話量 配分은 〈表 3〉과 같이 分布되었다.

Rack 번호	회선수	통화량	회선당 통화량
126	40	18.878	0.472
127	16	7.910	0.494
128	40	17.533	0.438
131	4	1.835	0.459
계 혹은 평균	100	46.156	0.462

〈表 3〉 Outgoing rack 別 通話量 배분량

스위치의 hunting 方法이 처음부터 차례로 찾

아가는 방법(Sequential hunting)이 자동교환기에서 채택되고 있으므로 通話量은 당연히 스텝 4에 가장높게 分布하게 되며 이 hunting step 別 通話量 分布는 〈表 4〉와 같이 나타난다.

Step	통화량	회선당 통화량	Step	통화량	회선당 통화량
4	4.616	0.923	14, 15	3.457	0.691
5	4.522	0.904	16, 17	2.374	0.475
6	3.501 4.3	0.700	18, 19	1.579	0.316
7	4.503	0.901	20, 21	0.427	0.085
8	4.262	0.852	22, 23	0.049	0.009
9	3.290	0.658	24, 25	0.315	0.063
10	3.729	0.746	26, 27	0.000	0.000
11	3.727	0.745	28, 29	0.000	0.000
12	3.279	0.656	30, 31	0.000	0.000
13	2.525	0.505	32, 33	0.000	0.000

〈表 4〉 Step 別 通話量 배분량

100回線中, 남는 出中繼線數 25回線을 제외한 75回線에 對한 適定配分 問題는 그레이딩의 적절한 變경으로 가능해진다.

- Source group 의 수 : g
- 이용도(Hunting capacity) : K
- 출중계 회선수 : n

이 주어졌을 때, best grading 을 하기 위한 공식은

$$\sum_{i=1}^g i \cdot x_i = K \quad \dots\dots\dots ①$$

$$\sum_{i=1}^g g \cdot x_i = n \quad \dots\dots\dots ②$$

의 두 式이 成立될 수 있다.

여기서  $x_i (i=1, 2, \dots\dots\dots g)$ 는  $i$ 개의 step 이 공통으로 結線되어 묶인 수를 의미한다.

① 式과 ② 式이 동시에 만족하는  $x_i$ 를 구하여

$$D = |x_1 - x_2| + |x_2 - x_3| + \dots + |x_{g-1} - x_g| \dots\dots ③$$

의 값이 최소가 되는  $x_i$ 의 값을 선택하면 된다.

회선수  $n=75$ , 이용도  $K=30$ , source group 의 수  $g=5$ 에서 가능한 해는 54개가 나오고 이중  $D$ 값이 최소가 되는  $x_i$ 의 값은 2 개로 다음과 같다.

$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	D	비 고
5	5	5	0	0	5	방법 ①
6	6	1	1	1	5	방법 ②

이와같은 두가지의 그레이딩 대안에서 測定된 通話量分布와 비교분석해 보면 그레이딩 방법 ①은

- $x_1$  : 0.85[Erl] 이상인 회선(25회선)
- $x_2$  : 0.6[Erl] 이상인 회선(25회선)
- $x_3$  : 0.6[Erl] 미만인 회선(25회선)

이 할당되게 설계되며

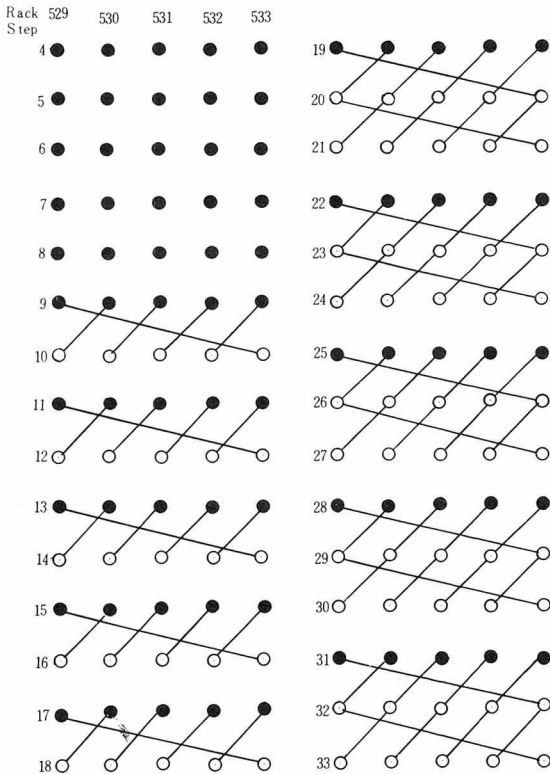
그레이딩 방법 ②는

- $x_1$  : 0.79[Erl] 이상인 회선(30회선)
- $x_2$  : 0.79[Erl] 이하인 회선(30회선)
- $x_3$  : 0.35[Erl] 이하인 회선(5회선)
- $x_4$  : 0.085[Erl] 이하인 회선(5회선)
- $x_5$  : 0.001[Erl] 이하인 회선(5회선)

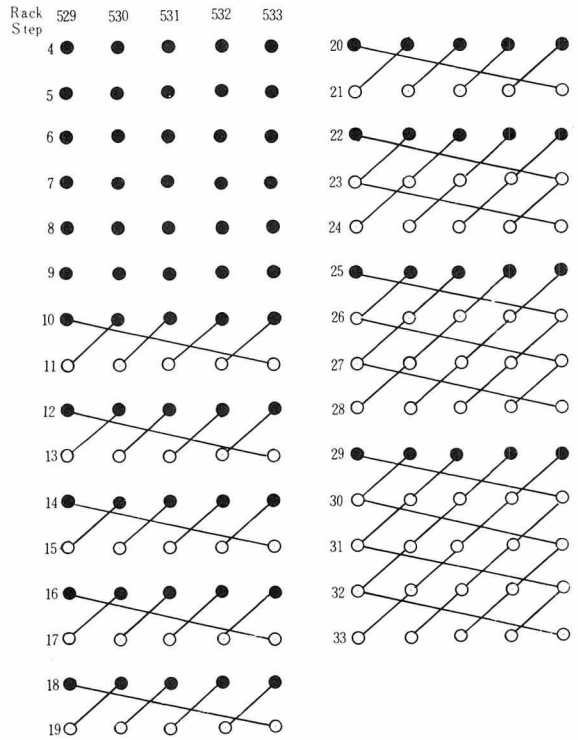
이 할당되도록 설계된다.

이 두가지 그레이딩은 <그림 6>과 <그림 7>에 도시하였다.

실제로 적용하는 과정에서는 두가지 설계중 cabling economy 등을 고려하여 선택해야 될 것이다.



<그림 6> 그레이딩 방법 ①



<그림 7> 그레이딩 방법 ②

## VII. 結 論

以上으로 ICUP 측정기에 의해 測定된 通話量資料를 利用하여 適定回線數의 산출, load 分析에 의한 回線의 適定配分등에 관해서說明하였다.

새로운 시외자동전화 구간의 개통, 부족시설의 확장시에 대상국을 선정하여 通話量을 測定하고, 이 資料에 의해 잉여 시설을 파악하여 설비를 대체하고 適定回線의 재배치로 通話에 지장을 주지 않는다면 老大的 通信施設投資의 効率化를 기할 수 있다.

本稿에서는 言及하지 못하였으나 computer를 利用한 traffic simulation으로 좀더 精確한 그레이딩 설계 및 소요회선수의 판정등이 이루어질 수 있을 것이다.

## 参 考 文 献

1. 通信部, 設計指針(A型自動交換機), 1978

2. ITU, Seminar On Traffic Engineering and Network Planning, 1975, 11
3. Kosten, L. Behaviour of Overflow Traffic and the Probability of Blocking in Simple Gradings, ITC8
4. Siemens Aktiengesellschaft, Telephone Traffic Theory Tables and Charts Part 1
5. 韓国通信技術研究所, 通話量測定分析及運營補修情報体制構成, 1980. 12
6. Farmer and Kaufman, "Evaluation of Traffic Formulae", Networks, Vol. 8, No. 153-186.

