

TDX-1의 호처리 용량

유 재년, 임 주환
한국전자통신연구소

Call Handling Capacity of the TDX-1

Jae Nyun YO0, Chu Hwan YIM
Electronics and Telecommunications Research Institute

ABSTRACT

In this paper, we present the test result of TDX-1 call handling capacity. This result shows that the TDX-1 call handling capacity is approximately 135,000 BHCA.

본고의 2장에서는 교환기의 호처리 용량을 구하는 일반적인 방법을 소개하고, 3장에서는 측정에 이용된 시험 원리와 방법, 각 프로세서의 처리능력 측정방법과 시험 결과 나타난 처리능력을 밝히고, 4장에서는 TDX-1 시스템의 호처리 용량(BHCA)을 call type와 call mix를 고려하여 구하고, 5장에서는 결론을 내린다.

1. 서론

교환기의 호 처리 용량이란 "주어진 call type와 call mix하에서 교환기의 서비스 조건을 만족시키면서 최대로 처리 가능한 시도 호의 수"로 정의되며, 위와 같은 호처리 용량을 구하는 방법으로 해석적인 방법, simulation에 의한 방법, 측정에 의한 방법이 있다[1].

2. 교환기의 성능평가 방법

교환기의 호처리 능력을 평가하는 방법은 해석적인 방법, simulation에 의한 방법, 측정에 의한 방법으로 크게 세가지로 구분된다. 해석적인 방법은 non-probabilistic한 방법과 probabilistic한 방법으로 나누어진다. Non-probabilistic한 방법에서는 보통 processor의 부하와 호의 관계가 직선적이라는 사실로 주된 서비스 조건이 만족되지 않을 때의 호의 수를 계산하여 용량을 결정한다. Probabilistic한 방법에서는 교환기 system을 queueing theory와 stochastic process에 의해 modeling하고 해석하여 용량등 성능에 관련된 중요한 서비스 관련 계수를 계산하는 방법이다. 해석적인 방법은 시스템 개발 초기단계에 많이 적용한다. Simulation 방법은 크게 time-true simulation과 environmental simulation으로 구분되는데 전자의 경우엔 호가 발생하여 처리될 때까지를 program을 이용 호가 처리되는 과정을 실제로 되는 것과 똑같이 computer에 software적으로 실현시켜 각종 데이터를 추출 해내는 방법이며, environmental simulation방법은 호처리용 소프트웨어는 이미 개발된 상태에서 가입자 특성등 주위환경을 computer로 simulation시켜 각종 데이터를 얻어내는 방법이다. Simulation 방법은 시스템 개발 중간단계에 많이 이용한다.

위의 3가지 방법 중 현재까지 TDX-1에 적용하여 그 결과를 얻어낸 방법으로는 T-bus를 시스템의 bottleneck으로 보고 T-bus에 관한 부분만 modeling하여 해석적인 방법으로 T-bus의 용량을 구한 다음 시스템의 호처리 용량으로 했는데[1],[2], 그 결과 시스템의 호처리 능력은 완료호 기준 100,000 calls/hour 정도로 추정하였다. 또한 [1]에서는 TDX-1 시스템의 queueing model을 제시하고 있으나 프로세서가 호처리 기능을 수행하는데 소요되는 시간에 대한 신빙할 만한 데이터가 없어 현 단계로는 해석이 불가능하나 앞으로 그 수행시간을 조사하면 해석이 가능하리라 본다.

측정에 의한 방법은 크게 hardware monitor와 software monitor로 구분된다. Hardware monitor에서는 측정기를 별도로 만들어 피측정 시스템 외부에서 각종 데이터를 계속하는 방법이고, software monitor는 호처리 program에 각종 데이터를 수집할 수 있는 별도의 소프트웨어를 추가 실현시켜 호처리가 수행될과 동시에 성능에 관련된 각종 데이터가 수집되도록 한 것이다. 측정에 의한 방법은 시스템 개발이 완료되었을 때 주로 많이 사용한다.

Simulation에 의한 방법은 위탁 연구로 수행하여 가입자 관련 서비스 조건 중 발신음 지연 시간과 ring back tone 지연 시간을 성능 측도로하여 simulation을 수행하여 140,000BHCA 라는 결과를 얻었으나[3], 호처리를 수행하는 각 프로세서의 해당 모듈의 수행 시간과 그의 몇가지 가정한 데이터에 약간 문제점이 있어 이 결과만을 가지고 시스템의 용량을 단정하긴 어렵다고 판단되며 다른 제2의 방법도 사용하여 그 결과를 서로 비교검토하여 상호 보완시킬 필요성이 요청된다.

위와 같은 환경을 고려하여 TDX-1 시스템은 이미 개발이 완료되어 4개 지역에 설치되어 운용중에 있으며 실제측정에 의하여 용량을 구하는 것이 가장 확실하므로 본 고에서는 측정에 의한 방법을 채택하여 나온 결과를 토대로 TDX-1의 호처리 용량을 추정하였다.

지금까지 열거한 방법들은 각기 장단점을 가지고 있는데 방법이 용이하면 그 결과가 정확하지 않고, 정확한 결과를 얻으려면 소요되는 노력이 크게되는 등의 상관 관계가 있다. 따라서 교환기의 성능평가에 어떤 방법을 선택할까하는 것은 소요되는 노력과 얻는 결과의 정확도를 고려하여 적절한 방법을 선택하여야 할 것이다. 일반적으로 system 개발 단계에서는 해석적인 방법과 simulation 방법을 서로 보완하여 사용하는 것이 보편이며, 개발된 시스템의 경우엔 세번째 측정법에 의한 방법이 좋다고 할 수 있다.

본고에서 TDX-1의 호처리 용량을 측정하는데 사용한 방법은 세번째의 측정법에 의한 방법중 hardware monitor에 해당한다. 이 방법을 완벽하게 수행하기 위해서는 호발생 장비와 각종 지연시간 측정장비가 구비되어야 하는데, LCS와 같은 호발생 장치는 확보하고 있으나 각종 지연시간 측정장비가 구비되어 있지 못하므로 호발생에 따른 processor의 CPU idle time과의 관계로부터 간접적으로 TDX-1의 호처리 용량을 추정하였다.

3. 프로세서의 처리능력

3.1 프로세서의 처리능력 측정방법

측정시험시 LCS와 교환기 사이의 구성과 상세한 결과 자료는 참고자료 [9]에 정리되어 있다. 이용한 각 프로세서의 처리능력 측정방법은 발생하는 호출이 커짐에 따라서 프로세서의 점유도는 선형적으로 증가하며, 이에 반비례하여 CPU idle time이 선형적으로 감소한다는 원리이다. 참고자료 [7], [8]에서는 이러한 성질을 이용하여 No. 4 ESS의 호처리 용량 616,000 BHCA로 계산하고 있다.

시험수행 방법은 다량의 LCS로 시스템에 한시간 단위로 호 발생을 증가시키고 한시간 경과후 hourly report의 각 프로세서 별 CPU idle time의 감소량을 구하여 각 프로세서에서 과부하 (overload) 제어 동작이 시작되는 시점인 CPU idle time이 20% (minor alarm)와 10% (major alarm)를 기준으로 각 프로세서의 처리능력을 구한다. 현재 TDX-1 operating system은 과부하 minor alarm 발생 시에는 호처리 job만 처리하고 on-line M&A job을 지연시키며, 과부하 major alarm 발생 시에는 새로이 발생하는 호출을 reject한다.

부하와 프로세서의 휴지시간 관계를 이용하여 각 프로세서의 처리능력을 구하는 공식은 다음과 같다.

- 휴지시간의 하한치를 20%로 할 경우 :

$$\text{프로세서의 처리능력 (calls/hour)} = \frac{(Tc - 20)}{D} * Ch \quad \text{--- (1a)}$$
- 휴지시간의 하한치를 10%로 할 경우 :

$$\text{프로세서의 처리능력 (calls/hour)} = \frac{(Tc - 10)}{D} * Ch \quad \text{--- (1b)}$$

여기에서, Ch : 기준이 되는 시간당 증가된 호의 수
 D : Ch에 대한 CPU idle time 감소량 (%)
 Tc : 발생한 호가 없을 경우의 CPU idle time (%)

3.2 TDX-1 프로세서의 처리능력

참고자료 [9]의 데이터와, 3.1절의 각 프로세서의 처리능력을 구하는 공식을 이용하여 SLP 처리능

력을 한 예로 구해보면 아래와 같다. SLP의 경우 부하에 무관한 CPU idle time은 76.13%이고, 기준 발생호 수 (Ch) 1500에 대한 CPU idle time의 감소량 (D)은 3.39%이므로, CPU idle time의 하한치를 20%로 할 경우 SLP의 처리능력은 식(1a)로부터

$$\{(76.13 - 20) / 3.39\} * 1500 = 24,800 \text{ calls/hour}$$
이고,

CPU idle time의 하한치를 10%로 할 경우 SLP의 처리능력은 식 (1b)로부터

$$\{(76.13 - 10) / 3.39\} * 1500 = 29,265 \text{ calls/hour}$$
이다.

위와 같은 방법으로 각 프로세서의 처리능력을 추정해 보면 표 1과 같다.

표 1 프로세서의 처리능력 추정

프로세서	CPU idle time	
	20% 기준	10% 기준
SLP	24,840	29,265
TLP	45,000	53,516
SWP-1 (MA주기 50ms)	64,980	84,210
SWP-2 (M&A주기 500m)	110,000	130,000
NTP	288,000	341,895
SAP	448,000	531,840
SMP	트래픽과의 직접적인 상관관계 없음	

단위 : calls/hour

이 결과를 종합하여 그래프로 나타내면 그림 1과 같다. 이 그림에서, 시험 결과 발생 호출의 증가에 따른 각 프로세서의 CPU idle time의 감소량 그래프는 해당 프로세서의 이름으로 표시하였고, SWP의 경우에는 on-line M&A job 주기를 50ms로 한 경우는 SWP-1으로, 500ms로 한 경우는 SWP-2로 표시하였다. 시험 결과 발생된 호의 수 (calls/hour)에 대한 CPU idle time의 측정값은 점(.)으로 나타냈으며, 실선은 실험 구간을 의미하고 점선은 예상되는 추이를 나타낸다.

SWP의 on-line M&A job 주기를 50ms로 한 경우 45,000 calls/hour 정도 발생시 CPU의 idle time이 34% 정도임에도 불구하고 SWP에서 과부하 경보 message가 송출되었다. 주기를 500ms로 한 경우에는 호 발생 장비의 용량 제한으로 77,000 calls/hour 까지만 호를 발생시킬 수 있어 그 이상은 측정하지 못하였다.

4. TDX-1의 호처리 용량

일반적으로 교환기의 성능 속도 중의 하나인 최대 호처리 용량은 교환기가 처리할 수 있는 최번시의 시도호 (Busy Hour Call Attempts : BHCA)의 수로 정의된다. 교환기가 처리하는 호의 종류 (call type)는 자국호, 출중계호, 임중계호, 중계호등의 4종류이며 호가 처리되는 과정에서 가입자나 교환기의 상태에 따라 시도호를 몇가지로 나눌 수 있는데 각 상태의 발생 백분율은 call mix로 알 수 있다. 교환기의 호처리 용량은 최번시 제어계에 해서 시간당 최대호 처리될 수 있는 호의 수를 나타내는 속도이므로 호처리 용량을 구할때는 call type의 구성비와 call mix에 의한 각 상태의 구성비등을 모두 고려하여야 한다.

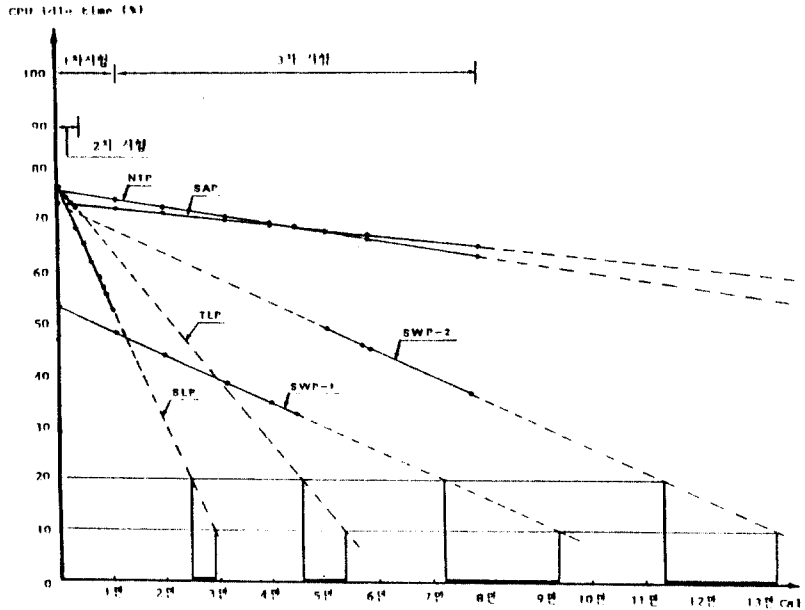


그림 1. 각 프로세싱별 처리 능력

4.1 Call type

교환기의 호처리 용량을 구할 경우, 교환기 내에서 호 종류별로 처리하는 function이 다르기 때문에 호 종류별 구성비가 중요하다. 예석적인 방법이나 simulation에 의한 방법으로 용량을 구할 때는 call type의 구성비율 변수로 사용할 수 있어 다양한 구성비를 사용하여 용량을 구할 수 있으나 측정에 의한 방법으로는 이러한 구성비를 만족시키면서 시험을 수행하는 것은 어려우므로 측정에 의한 방법을 이용하여 용량을 평가할 때에는 한 가지 종류의 호를 발생시켜 시험을 수행하는 것이 보편적이다. 이번에 수행된 시험은 측정장비 LCS의 특성 때문에 자국호만으로 시험을 수행하였다. 우리나라의 경우 아직까지 call type에 대하여 지역별로 정해진 전형적인 구성비가 없어 본고에서는 KTA에서 시험 생산기 설치 4개지역에 적용한 기본 설계서(참고 자료[11])의 데이터 중 고령 지역의 예상통화량을 기준으로 삼았다.

4.2 Call mix

Call mix란 가입자에 의하여 혹은 입증계 트렁크에서 시도된 호가 처리되는 과정을 몇개의 상태로 나누고 전체 시도 호 중 각 상태가 발생하는 비율을 전체 시도 호에 대한 백분율로 나타낸 것이다. 여기서 말하는 상태는 주로 가입자의 승성과 상태에 의해 결정되며, 이 상태는 call without dialing, call with partial dialing, blocking of own exchange, 착신가입자 busy, 착신 가입자 무응답, 통화중의 상태 등이다. 참고자료[5]를 이용한 자국발생호와 입증계 트렁크 발생호에 대한 각 상태의 발생 백분율은 표 2에 정리하였다.

4.3 TDX-1의 호처리 용량 계산

측정에 의한 방법으로 교환기의 호처리 용량을 구할 때는 교환기 내에서 처리되는 완료호를 측정하

표 2 Call mix table (중소도시 기준)

상 태	자국발생호		입증계 트렁크호	
	자국호 (%)	출중계호 (%)	입중계호 (%)	중계호 (%)
1. 호시도	100	100	100	100
2. Call with out dialing	20	20	16	16
3. partial dialing	10	10	10	10
4. switch network blocking	0	7	1	3
5. 착신가입자 busy	15	15	16	16
6. 착신가입자 무응답	12	12	12	12
7. 통화	41	39	52	50

고 이를 기준으로 하여 가입자 승성에 따른 call type와 call mix를 참조하여 구한다. 여 기서의 완료 호는 제어계에 의해서 처리가 끝나는 호로써, 이는 표 2의 4, 5, 6, 7의 상태를 말한다. TDX-1은 분산처리 방식의 교환기이므로 4, 5, 6, 7의 상태는 SWP에 의해 처리가 끝나는 호로 볼 수 있으며 측정시험에서 측정장비 LCS에 기록되는 완료 호와 일치한다. 측정시험에서 확인된 각 프로세서의 처리능력 면에서 그래프로 나타 내면 그림 2와 같다. 이 그림에서 보면 각 프로 세서의 처리능력 면에서 SWP가 bottleneck임을 알 수 있다. 그러므로 SWP의 최대 처리 능력이 전체 시스템의 처리능력을 좌우하게 된다.

TDX-1의 호처리 용량을 구하기 위하여 호가 입력되는 부분과, 처리되는 부분, 출력되는 부분을 모듈 단위로 생각하면, TDX-1의 구조를 가입자 모듈과, 스위치 모듈, 중계선 모듈로 나눌 수 있다. (그림 3 참조) 교환기에 있어서 호가 발생하는 부분은 발신 가입자 모듈(자국호, 출중계호)과 입증계 트렁크 모듈(입중계호, 중계호)이며 이 사이의 발생 비율은 call type에 의해 결정되고 각 모듈에서 발생하는 호가 스위치 모듈을 통과하는 비율은 각 call type에 따른 call mix에 의해 정해진다

교환기에 입력되는 전체 호(total call ; Ctot)는 자국 발생호(originating call)와 입중계 트렁크 발생호(incoming trunk call)로 구성되며 이들 사이의 구성은 call type에 의해 각각 Yori와 Yinc로 주어진다. 우리나라의 경우 지역별로 정해진 전형적인 구성비가 없어 시험 생산기 설치 지역 중의 하나인 고령 지역의 트래픽 예측망(KTA에서 사용하는 기본설계서 : 참고자료[11])을 기준으로 한다. 또한 각 호 별로 스위치네트워크를 통과하는율은 참고자료[5]의 call mix에 따라 자국호의 경우(oloc)는 0.80, 출중계호의 경우(olout)는 0.80, 입중계호의 경우(oinc)는 0.81, 중계호의 경우(otran)는 0.81로 정해진다. (표 2참조)

각 호별 스위치 네트워크를 통과하는 호의 수는 아래와 같다.

- 자국 발생호 중 자국호에 의한 호의 수
 $C_{tot} \times Y_{ori} \times \text{자국호비}$
 $\times \text{oloc} \dots \dots \dots (2)$
- 출중계에 의한 호의 수
 $C_{tot} \times Y_{ori} \times \text{출중계호비}$
 $\times \text{olout} \dots \dots \dots (3)$
- 입중계 트렁크 발생호 중 입중계 호에 의한 호의 수
 $C_{tot} \times Y_{inc} \times \text{입중계호비}$
 $\times \text{oinc} \dots \dots \dots (4)$
- 중계호에 의한 호의 수
 $C_{tot} \times Y_{inc} \times \text{중계호비}$
 $\times \text{otran} \dots \dots \dots (5)$

그러므로 SWP로 입력되는 전체 호는 자국 발생호와 입중계 트렁크 발생호에 의해 스위치 네트워크를 통과하는 양의 합이다. 참고자료 [5], [11]의 자료를 보면, Yori = 0.47, Yinc = 0.53, 자국호비 = 0.47, 출중계호비 = 0.53, 입중계호비 = 0.37, 중계호비 = 0.63등이다.

이 값을 식 (2), (3), (4), (5)에 대입하여 SWP로 입력되는 총 호의 수 (Ccomp : Complete Call)를 구해 보면

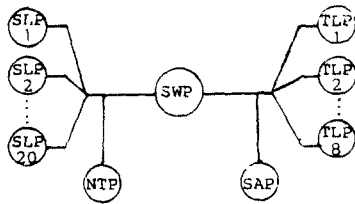
$$C_{comp} = C_{tot} \times \{0.47 \times (0.47 \times 0.80 + 0.53 \times 0.80) + 0.53 \times (0.37 \times 0.81 + 0.63 \times 0.81)\} = C_{tot} \times 0.81 \dots (6)$$

이며, 측정시험에서 발생시킨 77,000 calls/hour을 Ccomp으로 (6)에 대입하면 TDX-1의 호처리 용량은

$$C_{tot} = C_{comp} / 0.81 = 77,000 (\text{calls/hour}) / 0.81 = 95,000 \text{BHCA}$$

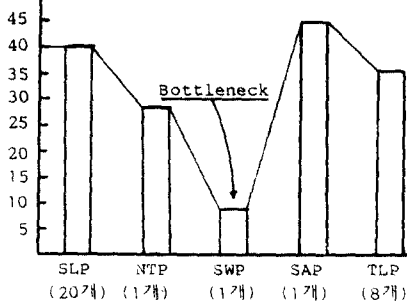
라는 결과가 나온다.

그러나 이때는 SWP의 CPU idle time이 37% 정도로 SWP의 CPU idle time이 20% 혹은 10%로 될 때까지 SWP가 처리 가능한 예상 최대 처리능력 110,000 calls/hour와 130,000 calls/hour을 적용해 보면 TDX-1의 호처리 용량을 135,000 BHCA에서 160,000 BHCA까지로 볼 수 있다.



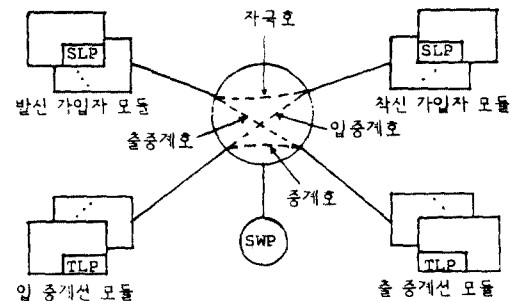
a) 단일 시스템에 소요되는 프로세서

완료호 기준 (단위 ; 만 calls/hour)

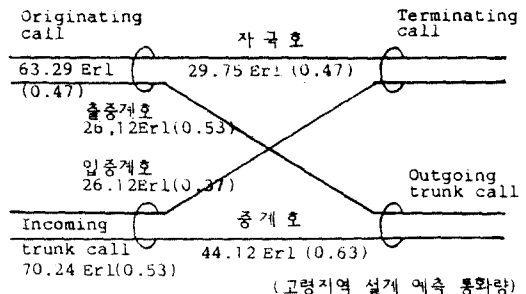


b) 단일 시스템내 프로세서 종류별 최대 처리 능력

그림 2. 프로세서 종류별 최대 처리 능력 비교



a) Call type별 구성도



b) Call type별 구성비

그림 3. TDX-1의 Call type

그러나 CPU idle time 20% 이하가 되면 on-line M&A job을 중단하므로 시스템의 관리가 어렵게 되며, CPU idle time 10%이하가 되면 새로운 요청이 발생하는 요청이 reject 되므로 각종 가입자 관련서비스 조건이 나빠지게 된다. 교환기의 용량은 시스템의 서비스 조건과 가입자에 대한 서비스를 충분히 만족시키는 상태하에서 결정되어야 하므로 TDX-1의 호처리 용량은 SWP의 CPU idle time이 20% 될 때 까지를 기준으로 하여 순수하게 프로세서의 처리능력 면에서만 판단하면 135,000 BHCA 정도일 것으로 판단된다.

5. 결론

지금까지 TDX-1 구조상 bottleneck으로 알려진 T-bus의 능력과 프로세서의 용량과의 관계가 명확히 밝혀져야 하나, (현재 정확한 처리능력이 조사중에 있다) 참고자료 [1], [2]와 측정시험시 bus의 과부하 상태에 관한 print out 된 메시지가 없는 점으로 미루어 보아 TDX-1의 현 구조하에서는 T-bus 보다 SWP가 bottleneck임을 짐작할 수 있다.

본고는 TDX-1의 bottleneck이 SWP라는 측정결과를 토대로 TDX-1의 호처리 능력(BHCA)을 추정하고 결과 완료호를 기준한 77,000 calls/hour까지는 시스템이 충분히 처리하는 것을 확인하였으며, (시험에서는 LCS의 호발생 능력제한으로 최대 77,000 calls/hour 까지 밖에 발생시키지 못했다) 이를 가입자 습성에 따른 불완전 호까지 포함하면 95,000 BHCA에 해당된다. 이때는 SWP의 CPU idle time이 37% 정도이므로 이를 SWP가 minor alarm 상태가 되기 직전의 CPU idle time이 20% 될 때를 TDX-1의 최대 호처리 용량으로 볼 수 있으므로 이를 기준으로 판단하면 TDX-1 최대 호처리 능력은 135,000 BHCA 정도로 추정된다.

참고 자료

- [1] 임주환, "TDX-1 시스템 용량 해석 방법", 한국전기통신연구소 TM, 1984.12
- [2] 이 현, 민병기, 임종석, "TDX-1 시스템의 프로세서간 통신 방식에 관한 연구", 한국전기통신연구소 TM, 1983.11
- [3] 권육현외, "TDX-1 전자자식 교환기의 성능 분석에 관한 연구", 서울대학교, 생산기술연구소, 1985.11
- [4] Amos E. Joel, Jr, "Electronic Switching: Digital Central Office System of the World", IEEE press
- [5] 한국전기통신공사, 설계-교-15, "설계 기준 (시내 전자교환기)", 1985.5.21
- [6] G. Fiche, M. Ruvoen "The E10 system, functional evolution and quality of service", ISS '84 Proceeding-Vol.2
- [7] N. Farber, "A model for estimation the real-time capacity of certain classes of central processors", ITC-6, 1970, pp 426/1-7
- [8] D. V. Stanley, "Capacity Modeling of the No.4 ESS", IEEE, 1982
- [9] 유제년, 민준기, "TDX-1 처리 능력 시험 결과 종합", TT/A-85002, 1985.12.26
- [10] F.J.Greco, J.L.Wood, "Verification of system performance in field operation", ISS '84, proceedings-vol.4.
- [11] 한국전기통신공사, "TDX-1 전자자식 교환기 구매를 위한 기본 설계서", 85-TDX-1-1, 1985.2