

TDX-1 스위치 네트워크의 통화량

오 돈성, 박 권철

한국 전자 통신 연구 소

The Traffic Characteristics of the TDX-1 Switch Network

Don Sung Oh, Kwon Chul Park

Electronics and Telecommunications Research Institute

**ABSTRACT** The traffic characteristics of digital switch network depend on the structure, blocking probability, path searching method and etc. This paper presents the study of TDX-1 switch network traffic capacity by considering some decisive factors such as call processing software, switch network structure and control scheme. Conclusively the study shows that the switch network of TDX-1 can handle approximately up to 1650 Erlang.

1. 서론

디지털 전자교환기의 스위치 네트워크는 Time Slot Interchange를 수행하는 Time Switch(T)와 복수의 Time Switch들간의 Time Slot(TS)을 공간적으로 교환하는 Time Multiplexed(Space) Switch(S)로 구성되며, 이들간의 여러가지 조합으로 스위치 네트워크를 구성하는 것이 보통이다. 근래에는 효율성이 뛰어난 T-S-T를 근간으로 설계되며, 용량을 결정하는 요소는 각 T의 개별용량과 S의 matrix 크기에 의해 결정되나 T의 용량은 사용되는 memory access 시간에 의하여 제한이 있기 때문에 S matrix를 크게하여 용량을 증대 시키는 방법이 사용되고 있다.

본고에서는 TDX-1의 T-S-T 스위치 네트워크의 구조 및 트래픽 특성을 살펴보고, nonblocking 조건인 Clos 조건[2]을 만족하지 않지만 트래픽 특성이 좋은 T-S-T 스위치 네트워크에서 점유율과 blocking을, 탐색범위등의 함수로 이루어지는 통화량 특성을 구하고, TDX-1의 통화량 구성에 따른 DLC, 스위치 네트워크의 종합적인 통화량 특성을 고찰한다.

2. TST Network의 특징

TST 스위치 네트워크에서 가운데 stage인 space switch array가 nonblocking이고,  $l=2C-1$ 이면 완전한 nonblocking이다. 실제로 시스템을 구성할때, 완전한 nonblocking으로 구성하는 것은 비경제적이며, 거의 사용하지 않고 있다.  $l$ 은 interstage의 링크당 채널수이고,  $C$ 는 inlet과 outlet의 채널수이다. TST 스위치 네트워크에서 nonblocking space switch array를 사용하고  $l < 2C-1$ 인 T를 사용하는 경우 blocking을 B는 다음식 (1)과 같이 된다.[2]

$$B = \frac{(C!)^2}{l!(2C-l)!} P^l (2-P)^{2C-l} \quad (1)$$

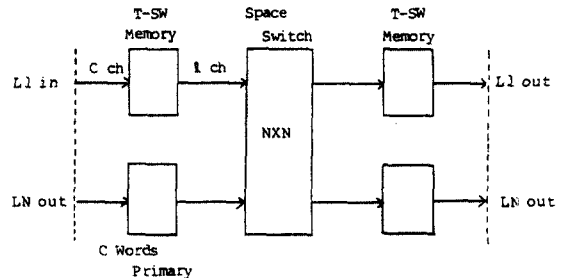


그림 1. TST 스위치 네트워크

여기서 B=Blocking율  
 C=Inlet/Outlet 링크의 채널수  
 l=Interstage 링크당 채널수  
 P=Inlet/Outlet 채널이 Busy일 확률  
 $\alpha = l/C$  : 확장율  
 또한 식 (1)에서  $C=l$ 인 경우  
 $B = P^l (2-P)^l$

가된다.

예로서  $l=C=500$ 이고  $P=0.9$ 인 경우 blocking을  $B=0.0066$ 이다. TST blocking율은 확장율  $\alpha$ 가 커짐에 따라 blocking율은 훨씬 작아진다.

3. TDX-1 스위치 네트워크

(1) Space switch의 blocking

그림 2에 보인 TDX-1 스위치 네트워크(SN)는 Multiplexer (MUX), Demultiplexer(DMX), Time switch, Space switch들의 조합에 의해 최대 4,096 TS(one way)에 대한 교환기능을 수행하는 T-S-T 방식의 스위치 네트워크이다. MUX는 serial 2.048Mb/s PCM(32TS) 32개를 입력

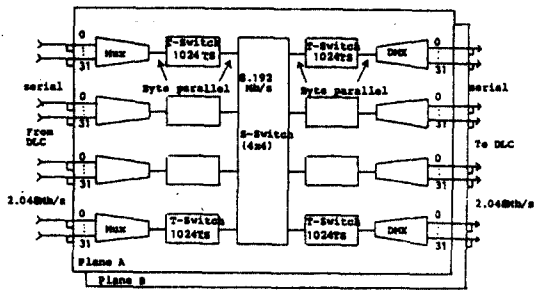


그림 2. 스위치 네트워크의 구조

(32x32=1,024 TS) 하여 다중화한후 byte parallel 데이터로 출력한다. 따라서 출력단의 bit rate는 2.048x32x8=8.192Mb/s가된다. DMX는 MUX와 반대방향의 기능을 수행한다. Time switch는 MUX/DMX와 1대1로 대응하여 연결되며 1,024 TS에 대해 Time Slot Interchange 기능을 수행한다. Space switch는 4개의 입력 Time switch와 4개의 출력 Time switch 사이에서(1,024x4) 4,096 TS에 대한 Time multiplexed switching 기능을 수행한다.

그림 3에서 SPXB의 blocking 현상은 다음과 같은 상황에서 일어난다. 처음 ITXB0의 inlet 1,024개가 모두 OTXB3의 outlet 1,024개를 쓰고 있다가, internal TS500번째에 해당되는 호가 종료되어 idle 상태로 남고, OTXB3의 1,023개가 busy이고 하나의 outlet이 idle한 상태로 남아있다고 가정한다. 이때 반대로 ITXB3과 OTXB0를 연결해야 된다면, blocking 현상이 일어난다. 즉 OTXB0의 outlet이 하나만 점유되어 있고, 1,023개의 outlet이 idle하다 하더라도 대응하는 ITXB0의 500번째에 해당되는 OTXB0의 500번째가 점유되어 있기 때문에 inlet과 outlet이 모두 idle 할지라도 가운데 stage에 링크가 없어서 경로를 연결할 수가 없고, 이때 blocking이 일어난다.

이 경우 완전한 nonblocking을 실현하려면 ITXB의 output TS를 2047개로 하고, OTXB의 input TS를 2047로 하면된다. 하지만 위와 같이 하는것은 비경제적이고 제어가 복잡해진다.

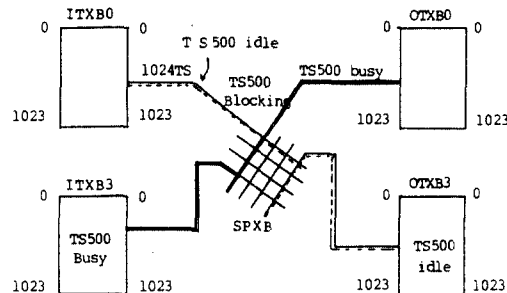


그림 3. TST network channel flow

(2) TST 스위치 네트워크의 통과량

TDX-1의 스위치 네트워크를 채널 그래프로 표시하면 그림 4와 같이 된다.

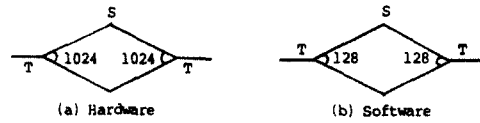


그림 4. TDX-1 스위치 네트워크 채널 그래프

Inlet stage에 사용된 Time switch가 1024x1024 이므로 특정한 inlet에서 특정한 outlet으로 연결 가능한 링크의 수가 1024개로 그림 4(a)는 사용 가능한 링크의 수를 나타내는 채널 그래프이다.

프로세서에 의해 완벽하게 제어되어지고, 즉 1024개의 가능한 링크를 모두 탐색한다면 하나의 OTXB에 대해서 즉 1024개의 경 경로에 대해서 특정한 ITXB가 연결되는 경로의 수는 1024이다. 즉, 프로세서에 의해서 완벽하게 제어되는 경우 blocking을 B는 다음과 같다.

$$B = P^{1024(2-P)1024}$$

이때 점유율 P가 0.89에서  $B < 10^{-5}$ 이다.

TDX-1의 스위치 네트워크를 제어하는 프로세서는 Z-80A (8 bit)이므로 1024개를 모두 탐색하는 것은 realtime시에 거의 불가능하다. 특정한 호에 대해서 이용가능한 경로 1024개를 모두 탐색해서도 경로가 없는 경우 blocking시킨다면 호처리 소프트웨어에서 경로탐색에 필요한 평균 실행시간은 16.78ms로 전체 시스템의 BHCA는 상당히 적어진다 현재 TDX-1의 SWP에서, 특정한 호에 대해서 128 채널까지 탐색하고 Idle 경로가 없는 경우 blocking으로 처리한다 이 경우 경로탐색에 필요한 평균 실행시간은 5.49ms로, 전체 시스템의 BHCA는 1024개의 경로를 모두 탐색하는 경우에 비해서 BHCA는 증가되지만 상대적으로 시스템의 blocking율은 커진다. 128 채널만 탐색하는 경우 채널 그래프는 그림 4(b)와 같이 된다.

SWP가 128 채널 단위로 탐색하는 경우, 특정 순간에 이용 가능한 경로의 수가 128이며, 이때 blocking을 0.01 즉 1%에서 점유율 P는 0.81(1650Erl)이 된다 그림 5와 표 1은 탐색

표 1. TST의 사용가능한 링크수와 blocking율

PL	32	64	128	256	512
.50	1.0046E-03	1.0091E-07	1.0142E-15	1.0368E-31	0.0000E+0
.55	1.1678E-03	5.1377E-08	2.6336E-12	8.9673E-25	0.0000E+0
.60	3.7752E-02	1.4252E-04	2.0312E-09	4.1257E-19	0.0000E+0
.65	1.5272E-01	2.9323E-03	5.4409E-07	2.9599E-14	8.7698E-29
.70	4.8902E-01	2.3914E-02	5.7187E-05	3.2704E-10	1.6695E-20
.75	1.2619E+00	1.6075E-01	2.5842E-03	6.6781E-07	4.4598E-14
.80	2.7082E+00	7.9343E-01	5.3792E-02	2.8936E-04	5.3729E-09
.85	4.8271E+00	2.3306E+00	5.4319E-01	2.9505E-02	8.7056E-05
.90	1.2498E+00	1.52560E+00	2.7625E+00	7.8315E-01	5.8240E-02
.95	9.2303E+00	8.5198E+00	7.2586E+00	5.2888E+00	2.7760E+00

P : Link occupancy  
L : Searching length or Number of available Links

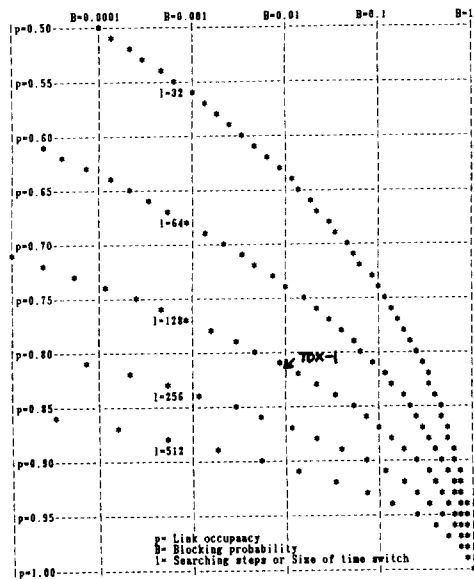


그림 5. TST의 사용가능한 링크별 점유율과 blocking율

가능한 채널수에 따른 스위치 네트워크의 blocking율을 표시한 것이다. 전체 시스템의 blocking율을 줄이기 위해서 inter-stage 링크수를 확장시키는 방법도 있다. DTS-11 Toll switching system의 경우 time switch를 3840x4096으로 확장율을 1.067로 해서 blocking율을 줄인 경우가 있으나[7] 이는 스위치 네트워크의 전체 inlet의 수를 줄이는 것과 같은 결과로 별로 사용되지 않는 방법이다.

실제로 통화로를 형성할때 모든 호는 DLC를 통하여 스위치 네트워크에 연결된다. 단일 time switch(1024x1024)를 사용한 DLC의 트래픽 특성은 blocking율 0.01(1%)에서 점유율  $P_g$ 가 0.9이므로[1] 스위치 네트워크가 0.81정도 점유되어 있을때, DLC의 blocking율은 스위치 네트워크의 blocking율 보다 적어진다. 그림 5에서 TDX-1의 호처리 소프트웨어가  $l=128$ 을 채택하고 있으므로 TST 스위치 네트워크 자체의 통화량은 blocking율에 따라 1505Er.(0.01%)~1768Er.(10%) 이된다.

### (3) DLC(Digital Line Concentrator)의 통화량

TDX-1의 DLC는 가입자회로를 기준으로 하여 집선을 행하고 있으므로 집선비에 따라 통화량이 변화한다. 집선비를 2:1~16:1까지 가변할 수 있는 DLC는 스위치 네트워크와 DLC 사이에 32~256 TS(1~8 subhighway)를 할당받게 된다. 중계선용, Announce용, Conference Mixer용등으로 사용되는 subhighway를 제외하고도 스위치 네트워크에서 가입자용 DLC에 제공할 수 있는 subhighway수는 최소 62개가 된다. 10240 가입자가 수용되었을때, 20개의 DLC가 스위치 네트워크에 연결되므로, 이때 DLC당 약 3개의 subhighway를 이용할 수 있으므로, DLC의 평균 집선비는 16:3이 된다.

DLC의 통화량 특성을 그림으로 표시하면 그림 6과 같다. 그림에서 blocking율 1%(0.01)에서 집선비에 따라 1408Er.

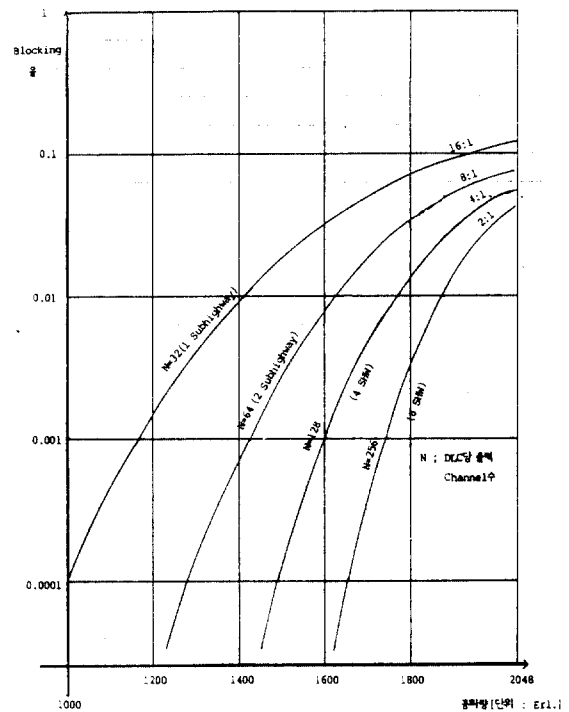


그림 6. DLC의 집선비에 따른 통화량 특성

부터 1872Er.의 통화량을 DLC에서 처리가능하다.

### (4) 종합적인 통화량 특성

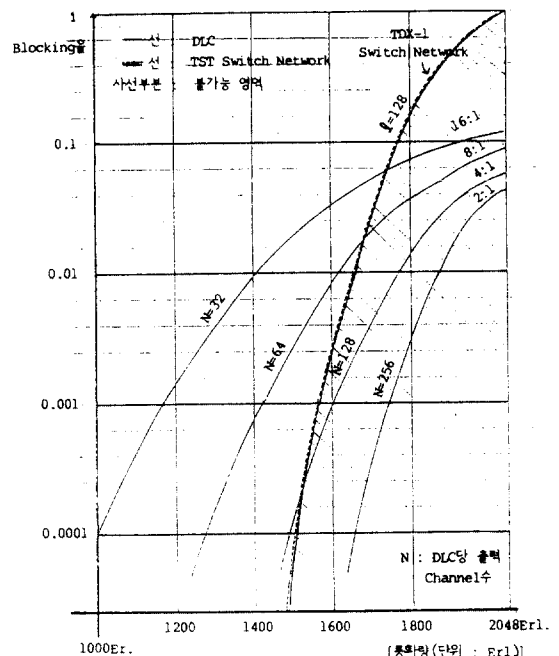


그림 7. DLC 및 스위치 네트워크를 종합한 통화량 특성

TDX-1은 DLC-TST 스위치 네트워크의 구조이므로 어느 한쪽에서라도 통화량 처리량이 떨어지면 작은쪽을 기준으로 삼아야 한다.

즉 그림 7에 표시한 것과 같이 스위치네트워크의 통화량 특성인  $\Omega=128$ 인 선을 중심으로 하여 집선비가 작아 DLC의 통화량이 높아도 스위치 네트워크 congestion이 생기므로 사선부분은 성립될 수 없게된다.

그림 7을 표로 정리하면 blocking을 및 DLC의 집선비에 따라 표 2와 같은 통화량을 얻을 수 있다.

표 2. TDX-1의 종합적인 통화량 특성

집선비 (DLC)	16:1 (32CH)	8:1 (64CH)	4:1 (128CH)	2:1 (256CH)
Blocking율	Er1.			
0.1 (10%)	1768	1768	1768	1768
0.01 (1%)	1408	1620	1650	1650
0.001 (0.1%)	1164	1427	1576	1576
0.0001 (0.01%)	998	1273	1489	1505

DLC의 Blocking ←
→ 스위치 네트워크 Blocking

#### 4. 결론

SWP에 의한 경로 탐색량  $Q=128$ 일때 TDX-1 스위치 네트워크의 통화량은 blocking을  $B=0.01$  (1%)에서 1650 Erl. 이다. TDX-1의 호처리 과정에서 모든 호는 DLC, 스위치 네트워크, DLC의 경로를 거쳐 성립되므로 집선비에 따른 DLC의 통화량 특성과 스위치 네트워크의 통화량 특성을 종합했을때 TDX-1의 통화량은  $B=0.01$  (1%)에서 1408-1650 Erl 사이임을 알 수 있다. 즉 DLC가 16:1-8:1까지의 집선비를 가질때는 DLC의 통화량 특성에 따라 TDX-1의 통화량은 1408-1650 Erl 이고, DLC가 2:1-4:1까지의 집선비일 때는 스위치 네트워크의 통화량 특성에 따라서 1650 Erl. ( $B=0.01$ )임을 알 수 있다.

앞으로 SWP가 Up-grade되어 SWP의 경로 탐색수가 증가될 수 있다면 스위치 네트워크의 통화량은 경로 탐색수에 따라  $Q=256$  ( $B=1\%$ )에서 최대 1780 Erl.  $Q=512$  ( $B=1\%$ )에서는 1855 Erl.까지 실현시킬 수 있다.

#### = 참고 문헌 =

1. 박 항구의, "A Study on the Digital Trunk Interface Module of TDX-1 Digital Switching System, SISEE '85, 1985.11.
2. John.C.McDonald, "Fundamental of Digital Switching", Continental Tele-Com Inc. Plenum Press, New York, 1983.
3. Rames.R.Mina, "Introduction to teletraffic engineering", Telephony Publishing Corporation, Chicago, 1974.

4. 江川哲明의 3, "時分割 多重交換 の構成", 信学技報, SE79-1, 1979.
5. 오 든성의, "대용량 Switch Network의 설계", 전자 공학회 합동학술발표회 논문집, 1985.10.
6. Kanji TAWARA의, "Speech Path System for DTS-11 Digital Toll Switching System", Review of E.C.L., Vol. 30 No. 5, PP767-777, 1982.