한국통신학회 1987년도 춘계학술발표회 논문집(1987. 5. 23)

TDX-10 스위치 네트워크의 통화처리용량 해석

○
서 재 준, 이 강 원, 이 헌
한국전자통신연구소 교환시스템연구실

The Traffic-Carrying Capacity Analysis of TDX-10 Switch Network

Jae-Joon Suh, Kang-Won Lee, Heon Lee
Advanced Switching Methods Sec., ETRI

ABSTRACT

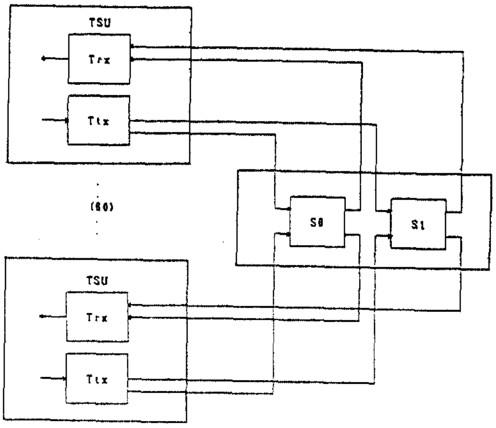
Although the traffic-carrying capacity of the switch network is largely determined by the basic architecture of group switch, it can be changed to some extent according to the path searching algorithms. This paper compares two path searching algorithms and suggests one for the TDX-10 switch network. With the proposed algorithm, the amount of traffic which the switch network can provide with a prescribed blocking probability is calculated. The number of lines and trunks the TDX-10 can terminate and busy hour calls are estimated based on the traffic-carrying capacity of the TDX-10.

1. 서 론

스위치 네트워크의 통화처리용량(traffic-carrying capacity)은 그룹 스위치의 구조적인 규모에 의해 거의 결정되며 그 위에 소프트웨어적인 통화로 탐색방법(path searching algorithm)에 따라 다소 차이가 날 수 있다. 본고에서는 TDX-10 상위레벨 구조안[1]에서 제안된 스위치 네트워크의 구조를 토대로 두가지 통화로 탐색방법을 살펴보고 두 방법에 대해 blocking 확률 및 몇가지 장단점을 비교하여 TDX-10 스위치 네트워크의 통화로 탐색방법을 제안하고자 한다. 또한 제안된 통화로 탐색방법에 따라 요구되는 서비스 조건(blocking 확률 허용치)을 만족하는 TDX-10 스위치 네트워크의 최대 통화처리용량을 산출하고 스위치 네트워크의 통화처리 능력을 기준으로 TDX-10 전전자교환기가 수용할 수 있는 최대 가입자회선수 및 중계선수와 최번시 호수(busy hour calls)를 산정하고자 한다.

2. TDX-10 스위치 네트워크의 구조 설명

TDX-10 상위레벨 구조안[1]에서 제안된 그룹 스위치는 (그림 1)에서 보는 바와 같이 T-S-T 구조로 최대 4,096 time slot(TS) 용량의 time switch(T-SW)가 Access Switching Module(ASM)에 양방향으로 위치하며 각각 64x64로 구성된 32k TS 용량의 Space Switch(S-SW) 2개가 Interconnection Network Module(INM)에 위치한다. 가입자회선 및 중계선 수용을 위한 ASM은 최대 60개까지 증설할 수 있으며 각각의 T-SW는 2개의 S-SW에 512 TS씩 1024 TS이 이원화 연결되며 이중 최대 32 TS씩 64 TS은 IPC용으로 할당될 수 있다. 그러므로 실제 통화를 위한 스위치 네트워크의 channel수는 IPC용으로 할당되는 channel 수에 따라 다소 달라질 수 있을 것이다. 한편, 소용량 TDX-10을 위해 1개의 S-SW만 둘 수 있다.



(그림 1) TDX-10 스위치 네트워크의 구조

3. 통화로 탐색법(path searching algorithm)

스위치 연결을 요구하는 임의의 호에 대해 스위치 네트워크에서 완전한 서비스가 이루어지기 위해서는 양방향으로 통화로가 구성되어야 한다. 주어진 스위치 네트워크 구조에서의 통화처리용량은 통화로 구성을 위해 가용한 TS을 탐색하는 통화로 탐색법에 따라 달라질 수 있다. 다음에서는 TDX-1에서 이용한 통화로 탐색법과 양방향의 통화로를 구성하기 위해 서로 대칭되는 TS을 할당하는 새로운 통화로 탐색법을 제안하여 두 통화로 탐색법에 대해 스위치 네트워크에서의 blocking 확률 및 그 실현성을 비교분석하여 TDX-10 스위치 네트워크에서의 통화로 탐색법을 제안하고자 한다.

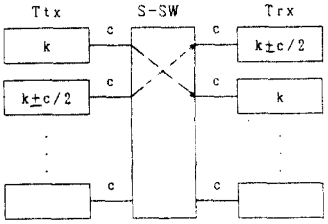
3.1 양방향 통화로 탐색법

T-S-T 구조로 이루어진 스위치 네트워크에서 통화로가 구성되기 위해서는 Ttx측과 Trx측에 같은 번호의 TS이 동시에 idle한 한쌍의 TS이 존재해야 한다. TDX-1 스위치 네트워크에서는 발신측에서의 통화로와 착신측에서의 통화로를 구성하기 위한 TS을 각각 따로 탐색하였다. 이 때 임의의 한쌍의 TS이 동시에 idle할 확률을 p라 하고 n을 이런 TS을 찾는 횟수(통화로 탐색수)라 할 때 두방향의 통화로중 어느 한방향이라도 가용한 TS을 찾지 못해 호가 blocking될 확률 B_1은 다음과 같이 표현된다.[2]

$$B_1 = 1 - [1-(1-p)^n]^2 \qquad (식\ 1)$$

3.2 대칭적 통화로 탐색법

발신측에서의 통화로나 착신측에서의 통화로중 어느 한 방향의 통화로를 탐색하여 다른 한방향의 통화로는 그에 대칭되는 TS을 할당하는 방법을 생각할 수 있다. 예를 들면, (그림2)에서 보는 바와 같이 T-SW와 S-SW간에 연결된 TS 수를 c라 할 때 발신측에서의 통화로 구성을 위해 첫번째 Ttx와 두번째 Trx간에 k번째 TS을 할당한다면 착신측에서의 통화로에는 두번째 Ttx와 첫번째 Trx간에 $k \pm c/2$번째 TS을 할당한다. 다시말하면 $k < c/2$ 이면 $k + c/2$번째 TS를 할당하고 $k > c/2$이면 $k - c/2$번째 TS을 할당하는 것이다. 이런식으로 TS을 할당 한다면 그에 대응되는 TS은 항상 존재하므로 한방향의 통화로만 탐색하면 될 것이다.

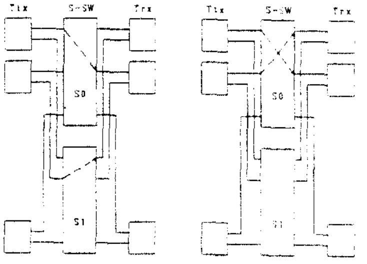


(그림 2) 대칭적 통화로 탐색법

TDX-10의 스위치 네트워크는 (그림 3)에서 보는 바와 같이 각 512TS씩 2개의 S-SW에 이원화 연결되어 있으며 이중에서 각각 마지막 32TS을 IPC용으로 사용한다고 하면 각 highway 마다 480TS이 통화로 연결을 위해 가용하다. 이 때 다음과 같은 두가지 방법으로 서로 대칭되는 TS을 할당하는 방법을 생각할 수 있다.

1) 이원화된 두 highway의 TS을 서로 대응시키는 것이다. 즉, 어느 한 방향의 통화로 구성을 위해 S0와 연결된 highway의 k번째 TS이 탐색되었다면 다른 방향의 통화로에는 S1과 연결된 highway의 k번째 TS을 할당하는 것이다.

2) 각 highway에서 IPC용 32 channel을 제외한 480 TS을 둘로 나누어 서로 대응시키는 방법을 생각할 수 있다. 예를 들면, S0(또는 S1)와 연결된 highway의 k번째 TS에 대응되는 TS은 역시 S0(또는 S1)와 연결된 hgihway의 k+240 번째 TS이 된다.



(그림 3) TDX-10 스위치 네트워크에서의 두가지 TS 할당 방안

앞의 두방법을 비교해 보면 소용량 TDX-10을 위해 S-SW를 하나만 둘 때 1)의 방법을 사용할 수 없다. 또한 이원화된 두 S-SW중 어느 한 S-SW가 고장이 나면 1)의 방법을 이용할 경우 양방향의 통화로가 전혀 구성될 수 없으므로 시스템의 신뢰도 측면에서도 타당하지 못하다. 그러므로 각각 따로 대응시키는 2)의 방법이 더 좋은 방법이라고 할 수 있다.

지금까지 설명한 바와 같이 한방향의 통화로만 탐색되면 그와 대칭되는 TS을 할당함으로써 양방향의 통화로가 구성될 수 있으므로 스위치 네트워크에서의 blocking 확률은 편방향만 고려하면 될 것이다. 그러므로 임의의 한쌍의 TS이 가용할 확률을 p라 하고 통화로 탐색수를 n이라 할 때 스위치 네트워크에서의 blocking 확률 B2는 다음과 같이 표현된다.

$$B_2 = (1 - p)^n \qquad \text{(식 2)}$$

3.3 두 통화로 탐색법에 대한 비교

두 통화로 탐색법의 blocking 확률을 나타낸 두 식 (식 1)과 (식 2)를 비교해 보면, 양방향의 통화로를 각각 따로 탐색하여 어느 하나라도 찾지 못하면 blocking 되는 경우의 B1이 항상 더 크다는 것을 쉽게 알 수 있을 것이다.

$$B_1 - B_2 = (1-p)^n(1-(1-p)^n) \qquad \text{(식 3)}$$

위의 (식 3)에서 $0 \le p \le 1$이므로 대칭적 통화로 탐색법의 blocking 확률 B_2가 더 낮고 또한 대칭적 통화로 탐색법은 한방향의 통화로만 탐색하면 다른 방향의 통화로는 항상 존재하므로 통화로 탐색이 보다 간편할 뿐만 아니라 총 통화 channel중 절반에 해당하는 TS의 status에 관한 정보만 가지고 있으면 모든 TS의 정보를 알 수 있으므로 TS의 status 관리가 용이할 것이다. 그러므로 TDX-10 스위치 네트워크에서의 통화로 탐색은 대칭적 통화로 탐색법을 이용하는 것이 바람직하다.

4. 최대 통화처리 용량 계산

주어진 스위치 네트워크에서의 최대 통화처리 용량은 서비스 요구조건(blocking 확률의 허용치)에 따라 결정되는데 blocking 확률의 허용치를 만족하는 한 TS의 평균 점유율(occupancy)을 a^*라 하고 수용되는 module수를 m, 각 module마다 통화로 연결에 사용한 TS수를 c라 할 때 스위치 네트워크의 양방향 최대 통화처리 용량 T_{max}는 다음과 같이 표현된다.

$$T_{max} = a^* \cdot c \cdot m/2 \qquad \text{(식 4)}$$

위의 (식 4)에서 c는 IPC용으로 할당되는 TS 수에 따라 달라질 것이다. 한편, 앞의 두 식 (식 1), (식 2)에서 임의의 한쌍의 TS이 동시에 idle할 확률 p를 구하기 위해 사건 A와 사건 B를 각각

A : 스위치 연결을 요구하는 Ttx측의 임의의 k번째 TS이 idle일 사건
B : 스위치 연결을 요구하는 Trx측의 임의의 k번째 TS이 idle인 사건

이라고 정의하고 한 TS의 평균 점유율을 a라고 하자. 또한 모든 T-SW에 입출력되는 통화량은 동일하게 분포되어 있다고 가정하면 사건 A와 사건 B가 동시에 발생할 확률은 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} p &= Pr(A \cap B) \\ &= Pr(A) \cdot Pr(B \mid A) \end{aligned} \qquad \text{(식 5)}$$

위의 식에서 $Pr(A) = 1-a$이고 조건부 확률 $Pr(B \mid A)$는 다음과 같이 구해진다.[2]

$$\begin{aligned} Pr(B \mid A) &= \sum_{i=0}^{m-1} {}_{m-1}C_i \; a^i \; (1-a)^{m-i-1} \; ({}_{m-1}C_i / {}_mC_i) \\ &= 1 - (m-1/m)a \end{aligned} \qquad \text{(식 6)}$$

그러므로 양방향의 통화로를 각각 따로 탐색하는 경우의 blocking 확률 B_1과 통화로를 서로 대칭적으로 연결할 경우의 blocking 확률 B_2는 (식 1),(식 2)에서 다음과 같이 주어진다.

$$B_1 = 1-[1-\{(a/m)(2m-1-(m-1)a)\}^n]^2 \qquad (식\ 7)$$

$$\begin{aligned} B_2 &= [(a/m)(2m-1-(m-1)a)]^n, \quad n \le c/2 \\ &= (1/m)[(a/m)(2m-1-(m-1)a)]^{c/2} + \\ &\quad (m-1/m)[(a/m)(2m-1-(m-1)a)]^n, \quad n > c/2 \end{aligned} \qquad (식\ 8)$$

TDX-10 전전자교환기의 가입자회선 및 중계선 수용을 위한 최대 ASM 수를 60개라고 할 때, (식 4),(식 7),(식 8)을 이용하여 두 통화로 탐색법에 대한 TDX-10 스위치 네트워크의 최대 통화처리용량을 구한 결과를 통화로 탐색수, blocking 확률의 허용치에 따라 <표 1>에 나타내었다.

<표 1> TDX-10 스위치 네트워크의 최대 통화처리용량

b		n	S-SW가 1개인 경우			S-SW가 2개인 경우		
			128	256	all	128	256	all
32	양방향 통화로 탐색법	10^{-2}	11596	12441	12996	23192	24881	25992
		10^{-3}	11033	12035	12697	22066	24070	25395
	대칭적 통화로 탐색법	10^{-2}	11789	12578	13074	23579	25156	26149
		10^{-3}	11191	12147	12719	22382	24295	25439
16	양방향 통화로 탐색법	10^{-2}	11983	12855	13455	23965	25711	26909
		10^{-3}	11401	12437	13151	22802	24873	26303
	대칭적 통화로 탐색법	10^{-2}	12182	12998	13535	24365	25996	27070
		10^{-3}	11564	12554	13174	22382	25108	26347

위의 <표 1>에서 보듯이 대칭적 통화로 탐색법이 더 높은 통화처리용량을 보여주고 있다. IPC용으로 16TS을 할당할 때 32 bit up를 사용하게 될 스위치 프로세서에서 통화로 탐색 시간이 문제가 되지 않을 것으로 고려되므로 하나의 highway에 가용한 통화 channel 496TS을 모두 탐색한다고 하면, CCITT에서 권고하는 loss probability는 10^{-2} ~ 10^{-3} 이므로[4] blocking 확률의 허용치를 10^{-3}으로 하여 S-SW를 이원화할 경우 TDX-10 스위치 네트워크의 최대 통화처리용량을 구하면 <표 1>에서 보는 바와 같이 대칭적 통화로 탐색법을 이용할 경우 약 26,000 Erlang이다.

5. 토의 및 결론

주어진 교환기의 구조에서 스위치 네트워크의 통화처리용량은 통화로 탐색 방법에 따라 다소 차이가 날 수 있다. 앞에서 양방향 통화로 탐색법과 대칭적 통화로 탐색법의 두 방법을 비교해 본 결과 대칭적 통화로 탐색법이 더 낮은 blocking 확률을 보여 주었으며 따라서 스위치 네트워크의 통화처리용량도 더 높게 나타났다. 또한 대칭적 통화로 탐색법을 이용할 경우 한 방향의 통화로만 탐색하면 다른 방향의 통화로는 자연적으로 존재하므로 통화로 탐색이 보다 간편할 뿐만 아니라 총 통화 channel중 절반에 해당하는 TS의 status에 관한 정보만 가지고 있으면 모든 TS의 status 정보를 알 수 있으므로 TS의 status 관리가 용이할 것이다. 그러므로 TDX-10 스위치 네트워크에서는 대칭적 통화로 탐색법을 이용하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

일반 가입자회선 및 중계선 수용을 위한 ASM module을 최대 60개까지 증설하고 S-SW를 이원화하여 스위치 연결을 요구하는 호의 통화로 구성을 위해 한 highway당 IPC용 16 TS을 제외한 통화 channel 496 TS을 모두 탐색할 때 TDX-10 스위치 네트워크의 최대 통화처리용량은 blocking 확률의 허용치를 10^{-3}으로 하는 경우 약 26,000 Erlang으로 나타났다.

스위치 네트워크의 최대 통화처리용량을 기준으로 TDX-10 전전자교환기를 순수한 local용으로 사용할 경우 수용할 수 있는 최대 가입자회선수, 순수한 toll용으로 사용할 경우의 최대 중계선수, 그리고 local/tandem용으로 사용할 경우의 가입자회선수 및 중계선수를 구하면 <표 2>과 같다.

한편, 스위치 네트워크의 최대 통화처리용량 26,000 Erlang은 호의 평균 통화시간(holding time)을 90초로 볼 때 [3,5] 약 100만 BHC를 처리할 수 있는 용량에 해당하며 전체 호시도중 완료호의 비율을 70%라 가정하면[3] 약 140만 BHCA에 해당하는 값이므로 제안된 TDX-10 스위치 네트워크의 구조와 통화로 탐색법은 통화처리 능력에 있어 충분한 것으로 고려된다.

<표 2> TDX-10 전전자교환기의 적정 수용 회선수

	ref. load A	ref. load B
Local	260,000 subs	208,000 subs
Toll	74,000 trks	65,000 trks
Local/Tandem	100,000 subs 45,000 trks	100,000 subs 33,000 trks

- 천단위 미만 버림
- reference load A
  - 가입자회선당 통화량 : 0.2 Erlang
  - 중계선당 통화량 : 0.7 Erlang
- reference load B
  - 가입자회선당 통화량 : ref. load A의 25%증가
  - 중계선당 통화량 : 0.8 Erlang [5]

참 고 문 헌

1. TDX-10 상위레벨 구조안, 한국전자통신연구소, 1986.9.
2. 서 재준, 이 강원, "성능을 고려한 TDX-1 스위치 네트워크의 신뢰도", 전자통신 제8권 제3호, 한국전자통신연구소, 1986.10.
3. 설계기준(시내전자교환기), 설계-교-15, 한국전기통신공사, 1985.5.
4. CCITT GAS 6, "Economic and Technical Aspects of the Choice of Telephone Switching Systems", Geneva, 1981.
5. CCITT Red Book, Vol. VI, Rec. Q514, Geneva, 1985.